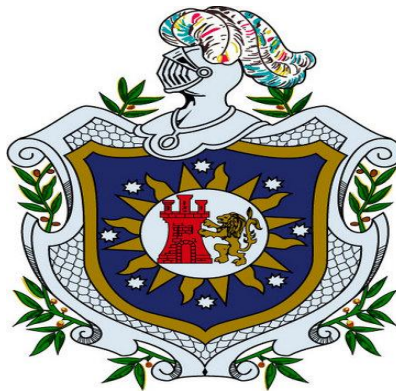


# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

Unan - Managua

Facultad de Ciencias e Ingeniería



**Seminario de Graduación para Optar al título de Técnico Superior en Ing Civil con Mención en Topografía.**

**Título: Manual de prácticas de campo, cálculo y dibujo topográfico aplicado a la planimetría**

**Presentado por:**

Br: Esmelda Abigail Delgadillo Espinoza

**Tutor:**

Ing. Wilber Javier Pérez Flores

Managua- Nicaragua, Junio del 2013

## **DEDICATORIA**

### ***A mi madre Esmelda.***

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### ***A mi padre Luis.***

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### ***A mis hermanos Jimmy y Esmeralda***

Por estar conmigo y apoyarme siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios por haberme guiado por este camino hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mis PADRES, mi abuela, a mis hermanos por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. A mi tutor de esta tesis Ing Wilber Pérez Flores por su calidad humana, académica y profesional, que ha sabido dirigirme en este camino tan difícil de la investigación.

.

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO II. CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Justificación .....	9
2.2 Antecedentes .....	9
2.3 Objetivos.....	10
2.3.1 Objetivo general.....	10
2.3.2 Objetivos específicos .....	10
2.4 Importancia de las prácticas de campo .....	11
3.1.2 Equipo empleado.....	12
3.1.3 Conocimiento y manejo de elementos de trabajo.....	12
3.1.4 Uso de la cinta .....	15
3.1.5 Manejo de la cinta.....	15
3.1.6 Medición de distancias en Terrenos Planos.....	16
3.1.7 Medición de distancia en Terrenos Inclınados .....	17
3.1.8 Levantamiento con cinta .....	18
3.1.9 Métodos para medir alineaciones con obstáculos.....	20
3.1.10 Alineación entre puntos no visibles por obstáculos: .....	22
3.1.11 Procedimiento de campo en el levantamiento de una poligonal con obstáculo usando la cinta métrica.....	24
3.2 PRÁCTICA NÚMERO II: Realizar un levantamiento planimétrico con cinta y brújula.....	25
3.2.1 Objetivos.....	25
3.2.2 Materiales .....	25
3.2.3 Levantamiento con brújula .....	25
3.2.4 Conceptos de azimuth y rumbos.....	25
3.2.5 Brújula .....	26
3.2.6 Levantamientos de polıgonos con brújula y cinta. ....	27
3.2.7 Procedimientos de campo .....	27

3.3 PRÁCTICAS NÚMERO III: Descripción del teodolito electrónico, sus partes constitutivas, estacionamiento y nivelación.....	29
3.3.1 Objetivos.....	29
3.3.2 Equipo .....	29
.....	30
3.3.4 Estacionamiento del trípode. ....	30
3.3.6 Nivelación del Teodolito.....	32
Operación del teodolito.....	33
Lecturas de ángulos. ....	34
3.4 PRÁCTICA NÚMERO IV: Levantamiento de una poligonal por el método por radiación. ....	36
3.4.1 Objetivos.....	36
3.4.2 Equipo .....	36
3.4.3 Exploración y reconocimiento del terreno del terreno .....	36
3.4.4 Procedimiento de campo .....	36
3.5 PRÁCTICA NUMERO V: Aplicación del teodolito y estadia en levantamientos de poligonales. ....	39
3.5.1 Objetivos.....	39
3.5.2 Equipo .....	39
3.5.4 Distancias horizontales .....	40
3.5.5 Distancia con visual inclinada .....	40
3.5.7 Errores en los levantamientos con estadia.....	42
3.5.8 Levantamiento con teodolito y estadia .....	42
3.5.10 Procedimiento de campo .....	43
3.6 PRÁCTICA NÚMERO VI: Trazo de curvas horizontales usando teodolito digital.....	45
3.6.1 Objetivo .....	45
3.6.2 Equipo .....	45
3.6.3 Curvas circulares .....	45
3.6.4 Métodos para replantear una curva .....	51
3.6.5 Procedimiento de campo: Replanteo desde el PC y Deflexión derecha	53
3.6.6 Ejemplo Cálculos de los elementos una curva.....	54

3.7 PRÁCTICA NÚMERO VII: Conocimiento y manejo de la estación total. ....	56
3.7.1 Objetivos.....	56
3.7.2 Equipo .....	56
.....	57
3.7.3 Mediciones con estación total .....	58
3.7.4 Funcionamiento de estación total .....	59
3.7.7 Instrucciones de manejo de la estación total.....	60
3.7.8 Estacionamiento y nivelación.....	60
3.7.9 Orientación del levantamiento.....	61
3.7.10 Indexación del círculo horizontal y vertical .....	61
6.7.11 Selección del archivo de trabajo .....	62
6.7.12 Procedimientos de campo. ....	64
3.8 PRÁCTICA NÚMERO VIII: Conocimiento y manejo del sistema de posicionamiento global (GPS).....	65
3.2.6   Objetivos .....	65
3.8.2 GPS.....	65
3.8.3 Descripción del GPS usado en la práctica .....	70
3.8.4 Procedimiento para la creación de una ruta para la medición de una parcela pequeña.....	77
3.8.5 Delimitación de parcelas de formas geométricas más complejas con el modo "recorrido". ....	79
3.8.6 Cómo respaldar la información del GPS con la PC.....	80
3.9 Metodología para la elaboración de un informe técnico .....	81
<b>CAPITULO IV: DIBUJO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO.....</b>	<b>85</b>
4.1 RUMBOS Y COORDENADAS .....	85
4.1.1 Meridiano.....	85
4.1.2 Rumbo.....	86
Ejemplos numéricos .....	87
Ejemplo A .....	87
4.1.3 ACIMUTES .....	99
Ejemplos de acimutes.....	100
Ejemplo A' .....	100

4.1 .4 Elementos básicos matemáticos para el cálculo de coordenadas.....	104
4.2 COORDENADAS .....	111
EJEMPLOS .....	111
4.4 CÁLCULO DE POLIGONALES CERRADAS .....	119
4.4.1 Comprobación angular:.....	119
4.4.2 Cálculo de rumbos: .....	121
4.4.3 Cálculo de proyecciones (longitudes y latitudes):.....	123
4.4.4 Correcciones de proyecciones .....	124
4.4.5 Dobles distancias meridianas .....	128
4.4.6 Dobles área: .....	128
4.4.7 Dibujo de poligonales Cerradas .....	130
4.5 DESMEMBRACIÓN .....	131
4.5.1 Calculo .....	131
4.5.2 Dibujo de desmembración .....	144
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>145</b>
<b>CAPITULO VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>147</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1: Descomposición de triángulos.....	20
Figura # 2: Poligonal levantada por el método de radiación .....	37
Figura # 3: poligonal levantada usando teodolito y estadia .....	44
Figura # 4: Poligonal levantada por medio del GPS. ....	78
Figura # 5: Cuadrantes norte, sur, este y oeste.....	86
Figura # 6: Encontrar el rumbo en cada una de las líneas .....	87
Figura # 7: Encontrar el rumbo en cada una de las líneas .....	88
Figura # 8: Línea AB .....	89
Figura # 9: Línea BC .....	90
Figura # 10: Línea CD .....	91
Figura # 11: Poligonal abierta donde se quiere conocer las orientaciones de cada una de las líneas .....	91
Figura # 12: Línea AB de la poligonal abierta.....	92
Figura # 13: Línea BC de la poligonal abierta.....	92
Figura # 14: Línea CD de la poligonal abierta .....	93
Figura # 15: Línea DE de la poligonal abierta.....	94
Figura # 16: encontrar la orientación de cada una de las líneas de la poligonal cerrada.....	95
Figura # 17: Línea AB de la poligonal cerrada.....	95
Figura # 18: Línea BC de la poligonal cerrada .....	96
Figura # 19: Línea CD de la poligonal cerrada .....	97
Figura # 20: Línea DA de la poligonal cerrada .....	97
Figura # 21: Comprobación de línea AB de la poligonal cerrada.....	98
Figura # 22: Acimutes indicados desde el punto Sur.....	100
Figura # 23: Acimutes indicados desde el punto Norte.....	100
Figura # 24: Conocer los acimutes de las líneas OB, OC y OD.....	101
Figura # 25: Conocer los rumbos de las líneas OA, OB, OC y OD .....	101
Figura # 26: Rumbos de las líneas OA.....	102
Figura # 27: Rumbos de las líneas OB.....	103
Figura # 28: Rumbos de las líneas OC.....	103
Figura # 29: Rumbos de las líneas OD.....	104
Figura # 30: Miembro de una ecuación comparada con el peso que equilibran una balanza. $A = B + C$ .....	105
Figura # 31: Miembro de una ecuación comparada con el peso que equilibran una balanza. $B = A - C$ .....	106
Figura # 32: Triangulo rectángulo.....	107

Figura # 33: Triangulo para la definición trigonométrica del ángulo 0 y el ángulo $\infty$ .	107
Figura # 34: Definición trigonométrica del ángulo 0	109
Figura # 35: Definición trigonométrica del ángulo $\infty$	110
Figura # 36: Poligonal abierta donde se quiere conocer las coordenadas	111
Figura # 37: Proyección AB de la poligonal abierta	111
Figura # 38: Proyección BC de la poligonal abierta	112
Figura # 39: Proyección CD de la poligonal abierta	113
Figura # 40: Proyección DE de la poligonal abierta	113
Figura # 41: Poligonal cerrada donde se quiere conocer las coordenadas	115
Figura # 42: Proyección AB de la poligonal cerrada	115
Figura # 43: Proyección BC de la poligonal cerrada	116
Figura # 44: Proyección CD de la poligonal cerrada	116
Figura # 45: Proyección DA de la poligonal cerrada	117
Figura # 46: Calculo de poligonal cerrada	119
Figura # 47: Rumbo de línea BC la de poligonal cerrada	121
Figura # 48: Rumbo de línea CD la de poligonal cerrada	122
Figura # 49: Rumbo de línea DA la de poligonal cerrada	122
Figura # 50: Comprobación Rumbo de línea AB la de poligonal cerrada	123
Figura # 51: Desmembración de una poligonal cerrada	131
Figura # 52: División de la poligonal a Desmembrar	132
Figura # 53: Calculo de las Áreas	134
Figura # 54: Área achurada de la división de la poligonal	136
Figura 55 #: cálculo del ángulo 0	136
Figura # 56: Área sobrante de la división de la poligonal	136
Figura # 57 y figura # 58: Comprobación de la línea AF' del polígono	137
Figura # 59: Comprobación de la poligonal (ABEF')	138
Figura# 60: Comprobación de la poligonal ECDF'	140



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Libreta de campo medición con cinta .....	24
Tabla 2: Libreta de campo de levantamiento con brújula .....	28
Tabla 3: Libreta de campo de levantamiento de poligonal por el método de radiación. ....	38
Tabla 4: Registro de campo de levantamiento de un polígono usando estadia ....	43
Tabla 5: Tabla de replanteo de curvas circular .....	55
Tabla 6: Relaciones trigonométricas .....	107
Tabla 7: Coordenadas de poligonal abierta .....	114
Tabla 8: Coordenadas de poligonal cerrada .....	118
tabla 9: Corrección de proyecciones (longitudes y latitudes) .....	124
Tabla 10: Resultados de longitudes corregidas .....	126
Tabla 11: Resultado de Latitudes corregidas .....	127
Tabla 12: Doble distancias meridianas usando las longitudes corregidas .....	128
Tabla 13: Cálculo de dobles áreas usando Latitudes corregidas .....	128
Tabla 14: Datos aplicado a una poligonal abierta .....	129
Tabla 15: datos de coordenadas de poligonal cerrada .....	130
Tabla 16: Datos para el cálculo de desmembración .....	131
Tabla 17: Cálculo del Rumbo de la línea EF .....	133
Tabla 18: Cálculo de dobles distancias meridianas. ....	134
Tabla 19: Calculo de área a desmembrar .....	135
Tabla 20: Calculo del rumbo de la línea EF' utilizando longitudes y latitudes de la F'A .....	138
Tabla 21: Calculo de longitud y latitud de la línea EF' .....	139
Tabla 22: Cálculo de doble distancias meridianas del polígono ABEF' .....	139
Tabla 23: Cálculo de dobles áreas del polígono ABEF' .....	140
Tabla 24: Calculo de comprobación de la poligonal ECDF' .....	141
Tabla 25: Cálculo de dobles distancias meridianas del polígono ECDF' .....	141
Tabla 26: Cálculo de dobles áreas del polígono ECDF' .....	142
Tabla 27: <i>Cálculo de área de la poligonal ABCD.</i> .....	142
Tabla 28: Cálculo de área de poligonal ABEF' .....	143
Tabla 29: Cálculo del área de la poligonal ECDF' .....	143

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

El siguiente manual está dirigido especialmente a los estudiantes de primer año de la carrera de Técnico Superior en Topografía. Cuya formación técnica depende principalmente de las materias de topografías que durante los tres años que dura la carrera se imparten.

Con este manual se pretende que los alumnos tengan en sus manos una herramienta que complemente las clases teóricas con las diferentes prácticas de campo que se imparten en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN - Managua.

De esta forma el alumno tendrá acceso a una guía o manual de prácticas, aplicando métodos simples de fácil comprensión, para el manejo de los instrumentos topográficos en las diferentes aplicaciones que estos equipos tienen en el campo. También se abordaran en este manual lo que es cálculo y dibujo topográfico, de los temas más importantes de la planimetría con el propósito que el estudiante tenga ejemplos y ejercicios resueltos que refuercen las clases teóricas y prácticas que se le imparten.

Esta segunda parte está conformado por un pequeño manual de dibujo y cálculo topográfico en el cual se abordan temas como: Azimut, Rumbos, coordenadas y desmembración.

## **CAPITULO II. CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO**

### **2.1 Justificación**

La Facultad de Ciencias e Ingeniería de UNAN – Managua no cuenta con manuales de las materias de topografía que van dentro del plan de estudio de la carrera de Técnico Superior en Topografía. Debido a esto se ha elaborado un manual “prácticas de campo de planimetría”, abarcando los temas de topografía 1.

Muchos estudiantes tienen dificultad a la hora de dibujar es por esta razón en que este mismo manual se incluyó dibujo y calculo topográfico de algunos temas de planimetría.

Por lo tanto este manual genera beneficios a los docentes del área de topografía así como estudiantes de esta carrera. Es de gran importancia tener en mano una guía de prácticas a la hora de ir al campo y de igual forma tener una pequeña guía cuando se realizan los cálculos de gabinete.

### **2.2 Antecedentes**

Académicamente dentro del ámbito de suramericano, es importante señalar que la cátedra de topografía se impartió por primera vez en México en el Real Seminario de Minería en el año de 1792, luego en 1843 se estableció el curso de Geodesia y 1858 se instituyo la carrera de Ingeniero Topógrafo o Agrimensor.

En Nicaragua fue hasta en 1967 que la Facultad de Ciencias Físico- Matemáticas incorpora la carrera de Topografía. Fundada por el Ingeniero Carlos Santos Berroterán. Para optar a esta carrera los topógrafos empíricos, necesitaban como requisito el diploma de primaria y una carta de recomendación de una empresa a la que hubiesen trabajado. Y fue hasta el año 1988 que la carrera de de Topografía dejo de impartirse, ya esta carrera pertenecía la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Siendo director de la carrera el Ing. Francisco Hanzel.

En el año 2009 se abre nueva mente la carrera en el departamento de construcción, de la facultad de ciencias e ingeniería en UNAN –Managua, con el nombre de Técnico Superior en Ing. Civil con Mención en Topografía con la duración de tres años y medio. Se creó un nuevo plan de estudio incorporando nuevas Materias, como los cálculos, física, metodología de la investigación, fotogrametría, geodesia y cartografía entre otras.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo general**

Realizar un manual de prácticas de campo, dibujo y cálculo de topografía I, dirigida a estudiantes de la carrera de Técnicos Superior en Topografía, de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua).

### **2.3.2 Objetivos específicos**

1. Realizar una guía que contenga ocho diferentes prácticas de campo de topografía I.
2. Proponer nuevas prácticas con equipos actuales como teodolito electrónico, GPS, brújula y estación total.
3. Realizar una pequeña guía de cálculos y dibujos de los principales temas de la topografía I.

## **2.4 Importancia de las prácticas de campo**

Las prácticas de campo son un elemento de gran importancia en la formación de un topógrafo, puesto que le permiten aplicar los conocimientos y métodos adquiridos en las clases teóricas, en los ejercicios y problemas expuestos por el docente de la asignatura encargado de la clase teórica.

Por medio estas se tienen la oportunidad de ir adquiriendo experiencia en el amplio campo de la topografía, evolucionando en nuevos métodos de levantamientos topográficos y que estos avances puedan contribuir en las prácticas de campo de las siguientes cuatro topografías dentro de la carrera.

También ayudan al alumno a ir aclarando y reforzando su vocación como topógrafo. Para que estos a la misma se vayan formando una idea de lo que será su trabajo al finalizar la carrera.

## CAPÍTULO III: PRÁCTICAS DE CAMPO DE PLANIMETRIA

### Práctica numero 1: Uso y manejo de los instrumentos de trabajo necesarios para medir una poligonal con cinta

#### Objetivos:

- Identificar y conocer el equipo básico de topografía con el que se realizaran diferentes levantamientos topográficos.
- Realizar un levantamiento aplicando uno de los métodos de lineación con obstáculo.

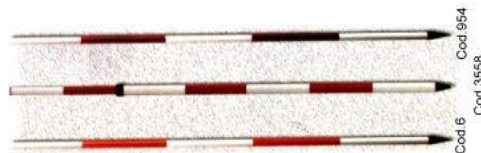
#### 3.1.2 Equipo empleado

1. Estacas
2. Piquetes o clavos
3. Mazo
4. Cinta
5. Jalones
6. Plomada
7. Libreta de campo

#### 3.1.3 Conocimiento y manejo de elementos de trabajo.

Antes de dar inicio a cualquier práctica, es fundamental conocer el equipo con el que se va a trabajar y cuál es su uso. Igualmente se deben de conocer algunas convenciones o normas de trabajo que servirán más adelante para un trabajo adecuado dentro la de topografía.

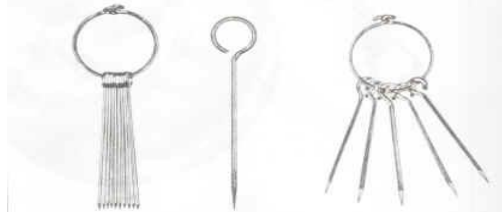
**Jalones:** Son elementos metálicos o de madera de 2 metros de longitud y 3 centímetro de diámetro. Está pintado en franja de 20 centímetros cada uno, alternados entre colores blanco y rojo para facilitar su visión en el campo permitiendo establecer puntos transitorios y trazar alineamientos.



**Estacas:** Son trozos de madera cuyo diámetro van entre 3 y 5 centímetro, de largo variable (20 a 30 centímetros) dependiendo de su uso, con extremo puntiagudo para extraer con facilidad.



**Piquetes:** Son elementos de acero con un extremo con forma de punta (para facilitar su clavado) y en el otro extremo en forma de argolla donde se recomienda ponerles un pedazo de tela de color para hacerlos más visibles en el desarrollo de los trabajos.



**Plomadas:** Son elementos de forma cónica fabricados generalmente de bronce que se sostienen mediante una manila. Sirven para indicar un punto en el terreno con presión, siempre y cuando está se encuentre estática. Indicando por ende, una dirección virtual.



**Maceta:** Elemento con un peso generalmente de 4 libras, que permite enterrar o clavar las estacas, debiéndose tomar el extremo de madera cuando se utiliza.



**Machete:** Elemento con filo en uno de sus lados, que facilita podar y despojar un terreno poblado de vegetación, limpiar el terreno donde se colocara la estaca y también para elaborar estacas.



**Marcador o Espray:** Se emplean para marcar las estacas. No se debe de utilizar lapicero por que se borran con la humedad.



**Libreta de campo:** Son cuadernos que constan de 60 páginas 18 x 12 cm, resistentes al agua. Existen tres tipos de “libretas de campo” tránsito, nivel y topografía.



Las libretas de tránsito vienen con sus páginas izquierdas rayadas compuestas por seis columnas separadas por una franja de color rojo en la que se anotan la información “libreta de campo”. Las páginas derechas son cuadrículadas con una línea vertical roja el centro que se emplea para dibujar los detalles y esquema a mano alzada del levantamiento. Se debe registrar toda la información para aclarar cualquier duda y detalle del levantamiento.

Las mediciones que se realizan en el campo deben de ser anotadas, inmediatamente en la libreta, no confiando en la memoria ni escribiéndola en pedazos de papel para ser anotadas “más tarde” ya que estos datos se pueden perder, distorsionarse u olvidarse de anotar posteriormente.

Los gráficos deben de utilizarse donde sean necesario que haya mayor claridad.

Al cometer equivocaciones en las anotaciones de las medidas de campo, estas no deben de borrarse. Simplemente se traza una línea “tachando” el dato incorrecto para escribir el valor correcto al lado. Lo anterior debido a que los borradores causan sospechas de alteraciones deshonestas, no así un número tachado.

Las notas deben de hacerse con un lápiz afilado de dureza media (H o HB). Un lápiz de dureza alta, casi no se observa y daña el papel. Un lápiz de baja dureza, causa manchones ya que el lápiz se corre ocasionando dudas sobre el dato registrado.

## Cinta

Elemento indispensable para la medición de un terreno, clasificándose de acuerdo con el tipo de material con la cual está elaborada.





**Cinta de tela:** Son impermeabilizadas y reforzadas con hilos metálicos. Deformables por tensión y solo se emplean en mediciones secundarias y de poca precisión. Generalmente vienen de 10, 20 y 30 centímetros. Cuando la cinta se moja, se debe dejar secar antes de guardar de nuevo en la caja. Al enrollarla se debe de dejar pasar entre los dos dedos índice y corazón, manteniéndolos cerca de la ranura de entrada para evitar que la cinta entre torcida, con mugre o que se estaque en la caja.

**Cintas de acero:** Se emplean en levantamientos de precisión, teniendo la ventaja de partirse con facilidad por lo que debe de evitar doblarse.

**Cintas de invar:** Son elaboradas con elevación de níquel y acero sensible a la temperatura. Son cintas que por ser elaboradas con un material blando sed deben de manejar con mucho cuidado, haciéndose pocas practicas costosas para el uso corriente.

**Cintas de hilo cinético o fibra con recubrimiento plástico:** Son las más usadas y prácticas.

**Cintas de bronce y fosforo:** son fabricadas a prueba de oxido, siendo empleadas en trabajos cercanos a fuentes de agua salada.

### 3.1.4 Uso de la cinta

Es utilizada para la medición directa de distancias en todos los itinerarios importantes de un levantamiento. Se emplea generalmente para medir longitudes en perfiles transversales en la situación de detalles y en toda medición entre dos ó más puntos sobre una alineación. Cuando se trata de mediciones de gran precisión se utilizan cintas Invar.

### 3.1.5 Manejo de la cinta

La cinta debe mantenerse siempre en línea recta al hacer las mediciones, una cinta en forma de cocas se rompe al tirar de ella con fuerza. Las cintas de acero se oxidan con facilidad por lo cual deben limpiarse y secarse después de haberlas usado.

Muchas cintas van enrolladas en una especie de devanadera, pero de ordinario se dispone en forma de ocho, con lazos de 1.5 m. de longitud y después se tuerce este para darle forma al círculo, con diámetro de unos 25 cm del modo siguiente:

Se sujeta el extremo cero de la cinta con la mano izquierda y dejando que la cinta pase libremente por entre los dedos, se abren los brazos. Al llegar a la señal de 1.5 m. se agarra la cinta con la mano derecha, se juntan las manos y se sujeta con la izquierda por la marca 1.5 m. teniendo cuidado que no dé la vuelta; haciendo con la mano izquierda el lazo así formado, se vuelven a extender los brazos en otro metro y medio, se hace el lazo que se sujeta con la mano izquierda y así sucesivamente hasta llegar al final de la cinta, cuyo extremo se ata con los lazos anteriores en el sitio en que está el otro extremo de la cinta con una tira de cuero. Se dobla el 8 así formado hasta convertirlo en un círculo, cuyo diámetro sea aproximadamente la mitad del eje mayor del 8.

Para hacer uso de cinta se procede a la inversa, es decir, desdoblándola para que quede de nuevo formando el 8. Se suelta primer lazo de modo que no se doble ni se tuerza un lazo cada vez y cuidando de que no se formen cocas. Hay que tener cuidado cuando se trabaja cerca de líneas de energía eléctrica.

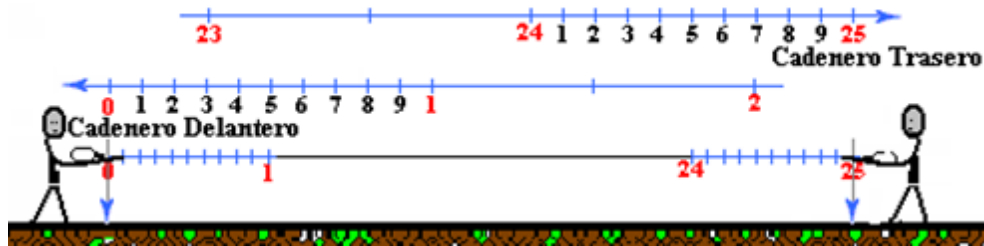
### **3.1.6 Medición de distancias en Terrenos Planos**

La medición de distancia con cinta en terrenos planos, no presenta ningún problema, ya que la cinta (cadena) se puede extender en toda su longitud.

#### **3.1.6.1 Procedimiento de campo en medición con cinta en terreno Plano**

1. El cadenero delantero es el encargado de llevar el juego de fichas e ir colocando una en cada cintada.
2. La cual el cadenero trasero tiene que ir recogiendo para al final darse cuenta cuántos cadenasos (cintadas) se dieron y así determinar la distancia medida.
3. Los dos cadeneros tienen que mantener la cinta de forma horizontal y al mismo tiempo, libre de todo obstáculo.
4. En lo que corresponde a la última parte de la medida, siempre hay que tener en cuenta de que el cadenero trasero debe ponerse en un número cerrado en la última ficha y el cadenero delantero restarle un metro a esa cantidad y agregarle los decimales del metro graduado para determinar la distancia entre los dos puntos.

5. Sumándole el número de cintadas en función del número de fichas que tenga el cadenero trasero.



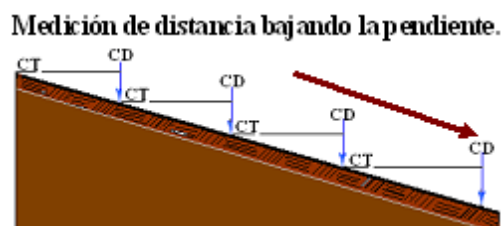
### 3.1.7 Medición de distancia en Terrenos Inclınados

En la medición de distancias en terrenos inclinados se puede usar el nivel de mano para mantener en forma horizontal la cinta, aunque con cierta experiencia en la operación de medir distancias, se puede mantener horizontalmente la cinta que es el requisito principal en la medición de una distancia, ya sea en terrenos planos o inclinados.

En terrenos con pendientes mayores del 7%, se hace imposible extender en toda su longitud la cinta de 25 metros y mantenerla horizontalmente, es por esta razón que la distancia se tiene que medir en tramos que van a estar en función del grado de la pendiente. En esta medida se presentan dos casos:

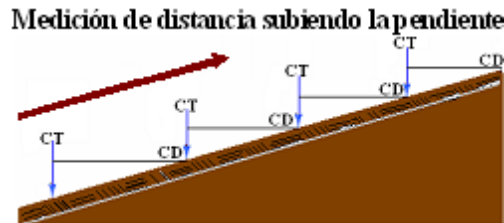
#### 3.1.7.1 Bajando la pendiente.

Cuando la medición se realiza bajando la pendiente. En este caso, lo que podemos notar es la posición que deben tomar los cadeneros para mantener horizontal la cinta. La posición del cadenero trasero es lo más bajo que se permite, si el terreno está libre de obstáculos (malezas) perfectamente puede apoyar la cinta contra el punto marcado en el suelo, en cambio el cadenero delantero mantendrá la plomada lo más alto, hasta lograr la horizontalidad deseada, en esta posición el mayor esfuerzo lo realiza el cadenero delantero, ya que debe tener cuidado de mantener lo más fijo la proyección de la plomada sobre el terreno. Con la siguiente gráfica vamos a ilustrar lo descrito anteriormente.



### 3.1.7.2 Subiendo la pendiente

Cuando la medición se realiza subiendo la pendiente. En este otro caso, que es subiendo la pendiente, la forma de medición sigue el mismo procedimiento, con la variable de que, la posición de los cadeneros se invierten con respecto al primer caso, este caso también lo vamos a ilustrar con una gráfica para apreciar mejor el procedimiento de medición de una distancia subiendo la pendiente.



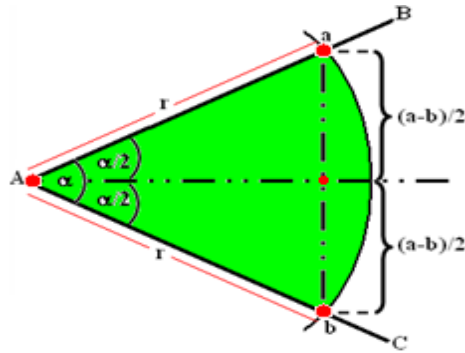
Continuamente sucede que hay que medir distancias entre dos puntos, pero sin posibilidad de emplear la cinta, si los puntos son visibles entre sí, se puede determinar la distancia por el método de ordenadas sobre bases inclinada, el de alineaciones paralelas o el de triángulos semejantes. Si los puntos no se ven entre sí no es posible emplear el método de paralelas, el recomendado en este caso es el método de trapecio.

### 3.1.8 Levantamiento con cinta

Se puede levantar un plano con la cinta descomponiendo la superficie de que se trate en triángulos y midiendo los lados y ángulos suficientes para poder calcular los demás lados y ángulos necesarios para dibujar el plano y para calcular las áreas correspondientes. Este método se limita a superficies pequeñas ya que en grandes extensiones los ángulos medidos son muy inciertos.

#### 3.1.8.1 Medición de los ángulos con las cintas

Para medir los ángulos con cinta se utiliza el método de la cuerda del modo siguiente: Se tienen los puntos A, B y C de una poligonal de modo que para medir el ángulo alfa del vértice A se describe un arco de radio  $r > 5$  m con centro A y que corta las alineaciones AB y AC, donde se cortan estas se ubican los puntos a y b y se mide la distancia entre ellos donde podemos ver que:



### 3.8.1.2 Cálculo de superficies

Cálculo de la superficie puede ser calculada por muchos métodos entre los cuales tenemos: Mecánicamente, planimétricamente, analíticamente, por triangulación y otros. Estos métodos se usan cuando no se necesita gran precisión en los resultados o para comprobar superficies calculadas por medios más exactos, la ventaja consiste en la rapidez con que se halla el valor de las superficies propuestas.

### 3.1.8.3 Área por descomposición de triángulos

Cuando se conocen dos lados y el ángulo comprendido entre ellos el área A del triángulo se puede determinar por la **función seno**, es la siguiente:

$$A = \frac{1}{2}ab * \text{sen}C$$

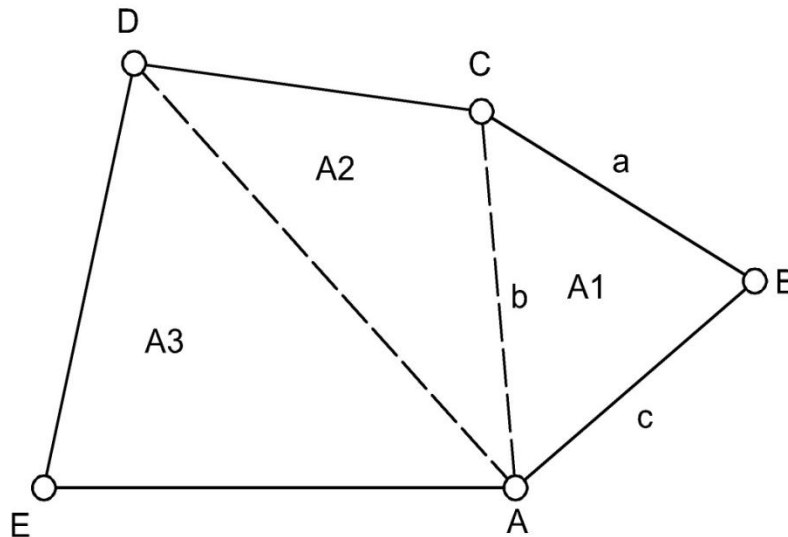
Si se conocen todos los lados del triángulo el área se puede determinar por la **fórmula de Herón**, que es la siguiente:

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Donde “s” es el semiperímetro

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

**Figura # 1: Descomposición de triángulos**



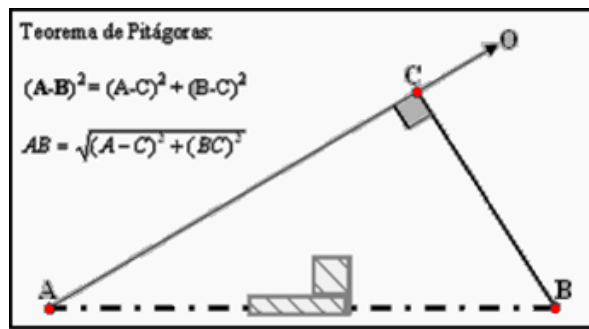
### 3.1.9 Métodos para medir alineaciones con obstáculos

En la medición de una distancia cuando se presenta un obstáculo se mencionaran algunos métodos.

**3.1.9.1 Formando triángulo rectángulo:** A continuación, se describirán los pasos a seguir y luego se presentaran una figura para ayudarnos a aclarar cualquier duda.

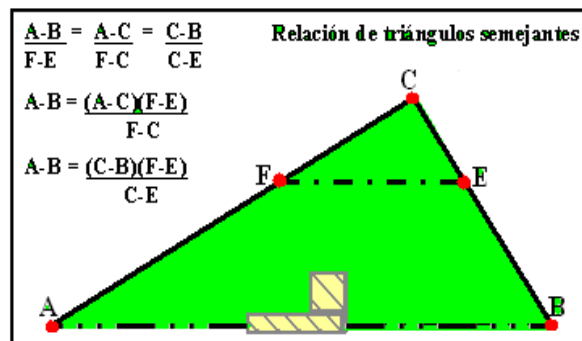
#### Procedimiento de campo

1. Se traza una línea auxiliar **A-O** que pase fuera del obstáculo y que de ella se pueda ver el punto **B**.
2. A partir de la línea auxiliar **A-O**, se levanta una perpendicular por cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente (método 3-4-5 ó cuerda bisecada), dándose el caso de levantar una perpendicular que pase por un punto exterior al alineamiento, en este caso **B**, levantada a partir del punto **C**, el cual está sobre la recta **A-B**.
3. Teniendo la perpendicular **C-B**, se procede a medir las distancias **C-B** y **A-C** y con estos datos se calcula la longitud **A-B** aplicando el teorema de Pitágoras.
4. Teorema de Pitágoras:  $(A-B)^2 = (A-C)^2 + (B-C)^2 \therefore AB = \sqrt{(A-C)^2 + (BC)^2}$



Si la distancia **B-C** es menor que la longitud de la cinta, entonces la perpendicular se puede trazar por medio de la cuerda bisecada a partir de **B**, pero si la distancia es mayor entonces la perpendicular se tiene que levantar de la línea auxiliar **A-O** en el punto **C** y hacer que pase por **B**, por cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente. (Método 3-4-5 ó Cuerda Bisecada)

**3.1.9.2 Por relación de triángulos semejantes:** Se trata de medir la distancia A-B y se presenta un obstáculo, como se observa en la siguiente figura.



#### Procedimiento:

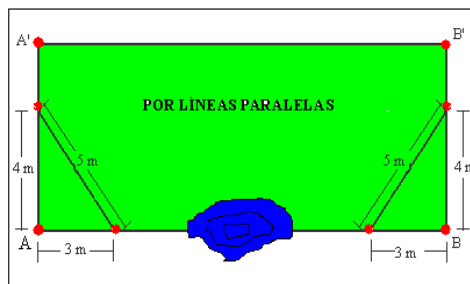
1. Se ubica un punto C desde el cual podamos ver los puntos A y B.
2. Se mide la distancia A-C y B-C.
3. Se ubica el punto F el cual debe estar a una distancia de C de  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{3}$  de la distancia medida A-C.
4. Se ubica el punto E el cual debe estar a una distancia de C de  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{3}$  de la distancia medida C-B, y así aplicamos la relación de triángulos semejantes y podremos calcular la distancia A-B.

Datos que pueden ser medidos directamente en el terreno: Distancia A-C,  
Distancia C-B,  
Distancia F-E, Distancia F-C y Distancia C-E.

5. Por relación de triángulos obtenemos la distancia A-B, como se puede observar en el despeje de la siguiente relación:

$$\frac{A-B}{F-E} = \frac{A-C}{F-C} = \frac{C-B}{C-E} \quad \therefore \quad A-B = \frac{(A-C)(F-E)}{F-C} \quad \text{o también} \quad A-B = \frac{(C-B)(F-E)}{C-E}$$

**3.1.9.3 Método de las líneas paralelas:** Este método se usa si el obstáculo no impide ver el alineamiento de la línea **A-B** o en el caso de que las ordenadas (perpendiculares) a levantar sean bien cortas. Con ayuda del gráfico vamos a describir los pasos para la medición.

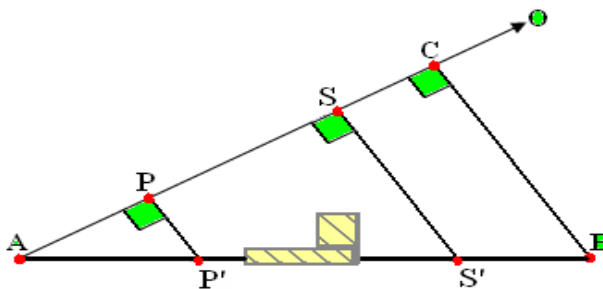


**Procedimiento:**

1. Se levantan perpendiculares por los métodos descritos anteriormente, siendo más favorable el método 3-4-5.
2. Se ubican los puntos A', B' los cuales van a estar fuera del obstáculo y a igual distancia de tal forma que A-A' = B-B'.
3. Luego se mide la distancia A'- B' y su longitud va a ser igual a la distancia A-B.

**3.1.10 Alineación entre puntos no visibles por obstáculos:** El alineamiento entre dos puntos visible el uno del otro no presenta gran problema, ya que este se puede solucionar poniendo puntos intermedios con jalones llamados auxiliares. El problema se presenta cuando se trata de determinar el alineamiento entre dos puntos no visibles el uno del otro por algún obstáculo. Para esto vamos a ver un ejemplo representado en el siguiente.





Determinar el alineamiento entre los puntos **A** y **B** a través del obstáculo

#### Procedimiento:

1. Se traza una línea auxiliar **A-O** de tal forma que pase fuera del obstáculo.
2. Se levanta una perpendicular sobre la línea **A-O** en el punto **C** y que pase por el punto **B**.
3. Se miden las distancias **A-C** y **C-B**.
4. Se ubican los puntos **S** y **P** sobre la línea **A-C** de tal forma que queden adelante y atrás del obstáculo.
5. Se miden las distancias **A-P** y **A-S**.
6. Luego por relación de triángulos las distancias **S-S'** y **P-P'** son calculadas, luego se levantan perpendiculares en los puntos **S** y **P** para localizar los puntos **S'** y **P'**, los cuales estarán sobre el alineamiento **A-B**.

De la figura se obtiene la siguiente Relación de Triángulos:

$$\frac{S-S'}{A-S} = \frac{P-P'}{A-P} = \frac{C-B}{A-C} \therefore S-S' = \frac{(C-B)(A-S)}{A-C} \text{ y } P-P' = \frac{(C-B)(A-P)}{A-C}$$

#### 3.1.10.1 Ejemplo sobre alineación entre dos puntos no visibles:

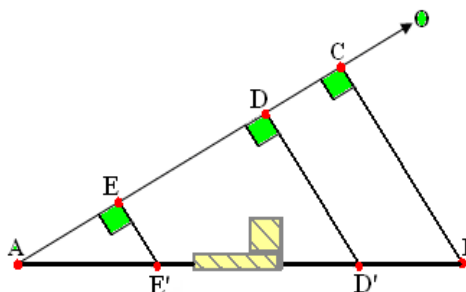
En el siguiente dibujo aparecen representados los datos para determinar el alineamiento entre los puntos **A** y **B** a través de un obstáculo.

#### Datos:

Distancia A-C = 173.5m

Distancia C-B = 77m

Distancia A-D = 128.5m



Distancia A-E = 65m

Se pide calcular las distancias **D-D'** y **E-E'**, para luego levantar perpendiculares en los puntos **D** y **E**, y así poder ubicar los puntos **D'** y **E'** que permitan el alineamiento entre **A** y **B**.

Aplicando la relación de triángulos y despejando tenemos:

$$\frac{D-D'}{A-D} = \frac{E-E'}{A-E} = \frac{C-B}{A-C} \quad \therefore D-D' = \frac{(C-B)(A-D)}{A-C} \quad \text{y} \quad E-E' = \frac{(C-B)(A-E)}{A-C}$$

Sustituyendo los valores numéricos en las fórmulas despejadas anteriormente se tiene:

$$D-D' = \frac{(77\text{m})(128.5\text{m})}{173.5\text{m}} \quad \text{y} \quad E-E' = \frac{(77\text{m})(65\text{m})}{173.5\text{m}} \quad \therefore D-D' = 57.03\text{m} \quad \text{y} \quad E-E' = 28.85\text{m}$$

### 3.1.11 Procedimiento de campo en el levantamiento de una poligonal con obstáculo usando la cinta métrica

1. Determinación de los vértices del polígono.
2. Medición con cinta de los lados en los que no existe obstáculo.
3. Medición de la alineación con obstáculos usando el método más adecuado de los antes mencionados.
4. Medición de ángulos con cinta.

**Tabla 1: Libreta de campo medición con cinta**

ALIN.	Long. Cintaz.	# Cintazo	Op. C.C.	Dist. (m)

## **3.2 PRÁCTICA NÚMERO II: Realizar un levantamiento planimétrico con cinta y brújula.**

### **3.2.1 Objetivos**

- Alcanzar un buen manejo de instrumento, ya que será de gran utilidad para los levantamientos posteriores.
- Utilizar de forma correcta la cinta y la brújula.
- Facilitar mediciones de rumbos y acimutes en orientación de líneas o ejes.

### **3.2.2 Materiales**

1. Estacas
2. Piquetes
3. Mazo
4. Cinta
5. 4 Jalones
6. Plomada
7. Estacas
8. Libreta de campo

### **3.2.3 Levantamiento con brújula**

Antes de la aparición del teodolito, la brújula representaba para los ingenieros, agrimensores y topógrafos la única herramienta práctica para medir direcciones y ángulos.

A pesar de los instrumentos actualizados con los que hoy en día se cuenta, aun se utiliza la brújula en levantamientos aproximados y continuos siendo un instrumento valioso para los geólogos e ingenieros catastrales.

### **3.2.4 Conceptos de azimuth y rumbos**

La dirección de los levantamientos topográficos se dan en función de los ángulos que se forma con el meridiano de referencia y puede ser dos tipos: azimuth o rumbos.

**3.2.4.1 Azimut:** Es de una línea es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir de un meridiano de referencia. Lo más usual es medir el azimuth desde el norte (sea verdadero, magnético o arbitrario), pero a veces se usa el Sur como referencia.

Los azimuth varían desde  $0^{\circ}$  grados a  $360^{\circ}$  grados y no se refiere indicar el cuadrante que ocupa la línea observadora.

**3.2.4.1 Rumbo:** Es ángulo horizontal agudo ( $<90^\circ$ ) que forma con un meridiano de referencia, generalmente se toma como tal una línea Norte- Sur que pueda estar definida por el N geográfico o el N magnético (si no se dispone la información sobre ninguno de los dos suele trabajar con un meridiano o línea de Norte arbitraria)

### 3.2.5 Brújula

Generalmente son aparato de mano. Puede apoyarse en trípode, o en bastón, o en una vara cualquiera.

Las letras (E) y (W) de la caratula están invertidas debido al movimiento relativo de la aguja respecto a la caja. Las pínulas sirven para dirigir la visual, a la cual se va medir el rumbo. (Montes de Oca, 1996)



**3.2.5.1 Brújula de mano:** Con el espejo se puede ver la aguja y el nivel circular al tiempo que se dirige la visual o con el espejo del punto visado. El nivel del tubo, que se mueve con una manivela exterior, en combinación con la graduación que tiene en el fondo de la caja y con el espejo, sirve para medir ángulos verticales y pendientes.

Las brújulas fabricadas para trabajar, traen contra peso en la punta Sur para contrarrestar la atracción magnética en el sentido vertical. Esto ayuda para identificar las puntas Norte y Sur.

La brújula como los demás aparatos de medición debe reunir determinadas condiciones para que de resultados correctos. (Montes de Oca, 1996)

#### 3.2.5.2 Condiciones que debe de reunir una brújula

- a. La línea de los ceros Norte – Sur debe de coincidir en plano vertical de la visual definida por las Pínulas.

- b. Si esto no se cumple, las líneas cuyos rumbos se midan quedaran desorientadas, aunque a veces se desorientan a propósito para eliminar la declinación.
- c. La recta que une las dos puntas de la aguja debe de pasar por el eje de rotación, es decir, la aguja en si debe de ser una línea recta. (Montes de Oca, 1996)

### **3.2.5.3 Usos de la brújula**

Se emplea para levantamientos secundarios, reconocimiento, preliminares, para tomar radiaciones en trabajos de configuraciones, para polígonos de apoyos en otros levantamientos más precisos. (Montes de Oca, 1996)

### **3.2.6 Levantamientos de polígonos con brújula y cinta.**

El mejor procedimiento consiste en medir, en todas y cada uno de los vértices, rumbos directos e inversos de los lados que allí concurren, pues así, por diferencias de rumbos se calcula cada punto el valor del ángulo interior, correctamente, aunque haya alguna atracción local. Con esto se logra obtener los ángulos interiores del polígono, verdaderos a pesar de que haya **atracción locales**, en caso de existir, solo producen desorientación de las líneas. (Montes de Oca, 1996)

### **3.2.7 Procedimientos de campo**

- 1) Se ubica correctamente el terreno a medir.
- 2) Una vez teniendo el terreno ubicado, se inicia la selección de las cuatro estaciones remarcándolas con estacas o bien con chapas.
- 3) Se toma la primera estación, se inicia a calcular con la brújula y la plomada los ángulos formados entre la estación y cada detalle asignado.
- 4) De la estación tomada calculamos los ángulos formada entre la estación siguiente y la estación anterior.
- 5) Los dos procedimientos anteriores se deben de hacer con mucha exactitud ya que la plomada tiene que estar punteando la estaca, y al mismo tiempo en la brújula debe de observar el detalle y la estación a evaluar.
- 6) Con la cinta se comienza a medir la distancia situada entre la estación y cada detalle asignado. Así mismo se mide la distancia entre la estación siguiente y la distancia entre la estación anterior.

**Tabla 2: Libreta de campo de levantamiento con brújula**

Estación	Visado	Cintazos	Distancia	Azimut	Rumbo	
		1-2-3-4			N-S	E- W
$\Delta 1$						
$\Delta 2$						
$\Delta 3$						
$\Delta 4$						

### **3.3 PRÁCTICAS NÚMERO III: Descripción del teodolito electrónico, sus partes constitutivas, estacionamiento y nivelación.**

#### **3.3.1 Objetivos**

- Medición de ángulo usando el teodolito digital.
- Aprender a estacionar el trípode, que es el elemento soporte para el teodolito. Nivelar y centrar correctamente el teodolito.
- Identificar las partes y tornillos que constituyen el teodolito digital.
- Aprender a leer ángulos horizontales y verticales.

#### **3.3.2 Equipo**

1. Teodolito
2. Trípode
3. Plomada
4. Jalones
5. Clavos

##### **3.3.2.1 Teodolito**

El teodolito es un aparato que se utiliza en topografía para medir ángulo horizontalidad y verticales, con gran precisión, para trazar alineaciones rectos y para medir distancias horizontales y alturas (distancias horizontales) por taquimetría.

Para medir ángulos horizontales y verticales, el telescopio que puede girarse horizontalmente (gira alrededor de un plano con un círculo graduado) como verticalmente (alrededor de plano superior). Para realizar esta tarea es indispensable que se cumpla dos condiciones: Que el teodolito este nivelado y este bien centrado con respecto a la estaca de punto (estación).



### 3.3.2.2 Trípode

Es el Soporte del aparato, con 3 pies de madera o metálicos, con patas extensibles o telescópicas que terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1.40 - 1.50 m. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.



### 3.3.4 Estacionamiento del trípode.

- Antes de instalar el teodolito, debe de estar clavada la estaca en la estación y colocada la puntilla en la misma.



- Todo teodolito dispone de un trípode que le servir de soporte el cual debe de centrarse con la ayuda de una plomada o bastón, dependiendo del tipo de trípode.
- Los trípodes deben de colocarse soltando las patas girando hacia la izquierda los tornillos que tienen para su fijación.





- Una vez suelto se abren las patas, formando un triángulo equilátero, se levanta el triépode tomándolo de la cabeza (base plata) a una altura adecuada a tal manera que el operador no tenga que inclinarse hacia arriba o hacia abajo para realizar las lecturas en el teodolito.
- Para una adecuada instalación y rápida nivelación, la base del triépode debe de quedar lo mas horizontal posible.
- En este momento se hinca el triépode pisando cada una de sus patas, observando la posición de la plomada, claro si el triépode es de plomada.



**Terreno plano**



**Terreno inclinado**

- Si el triépode está colocado sobre un terreno inclinado, se debe de garantizar la estabilidad del mismo, colocando dos (2) de sus patas hacia la parte baja del terreno y la tercera en la parte superior.

### 3.3.5 Triépode de plomada

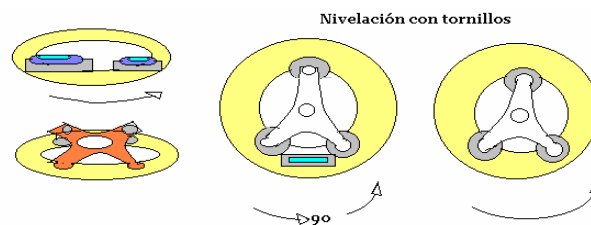
Se deja instalada la tapa del triépode asegurando su fijación apretando la horquilla que dispone el triépode. Se coloca la plomada en la horquilla provista en el triépode haciéndole presión hacia arriba de tal manera que la plomada que de firme en la base. Se suelta la plomada hasta que esta quede estática verificando que la punta apunte dentro de la estaca de punto o estación. Si

esto no ocurre debe moverse el trípode de tal manera que la plomada quede apuntando dentro de la estaca conservando las condiciones de horizontalidad y demás descritas anteriormente.

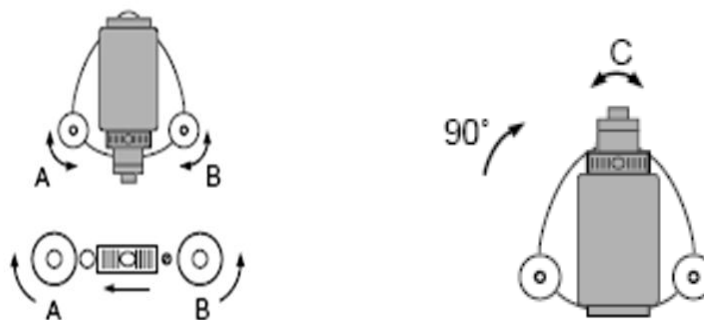
Una vez completa la operación se quita la plomada y se suelta la tapa del trípode soltando la horquilla de la base. Se saca el teodolito de su estuche y se monta sobre la base del trípode fijándolo a la base mediante la horquilla mencionada anteriormente.

### 3.3.6 Nivelación del Teodolito

1. Colocado el Teodolito en la base del trípode, deben tenerse en cuenta dos (2) elementos. El nivel de burbuja tubular y/o el nivel de “ojo de pollo” que tiene el teodolito y los tornillos de nivelación que tres (3).



2. Inicialmente se suelta el tornillo de fijación de movimiento horizontal o tornillo medio (el cual se describe más adelante) con el fin de que el teodolito pueda girarse en sentido horizontal. Se mueve el teodolito de tal manera que el nivel de burbuja tubular quede paralelo a dos (2) tornillos de nivelación.

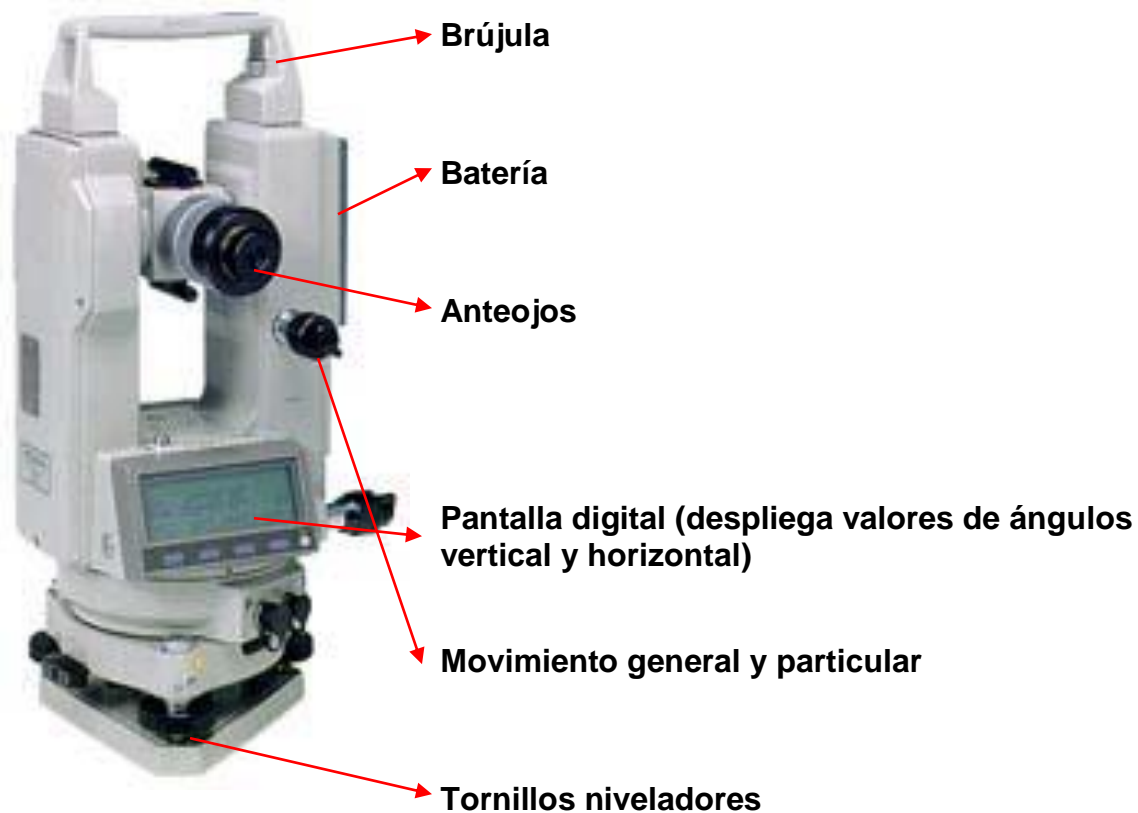


3. Posteriormente para una nivelación rápida, se giran los tornillos de nivelación hacia adentro o hacia afuera con el fin de centrar la burbuja del nivel tubular (solo se mueven los tornillos que están paralelos al nivel tubular). Si se desea una nivelación un poco más lenta, basta con girar un solo tornillo.

4. Seguidamente se gira el teodolito noventa grados ( $90^{\circ}$ ) de tal manera que el nivel tubular quede perpendicular a los tornillos con que se niveló anteriormente.
5. Esto implica que el nivel tubular “apunta” hacia el tercer tornillo que no se ha tocado hasta el momento. En seguida se procede a nivelar el teodolito solo con el tercer tornillo hasta que la burbuja quede centrada en el nivel tubular.
6. Luego se devuelve el teodolito a su posición inicial; es decir; paralelo a los dos (2) tornillos iniciales, verificando que la burbuja quede centrada en el nivel tubular. Si esto no ocurre se nivela nuevamente y se continua la operación hasta que en cualquiera de las dos (2) posiciones del teodolito, la burbuja quede centrada en el nivel tubular. Si toda la operación es correcta, al verificar el nivel “ojo de pollo” del Teodolito se observará que la burbuja está centrada en el círculo de este nivel.
7. Una vez nivelado el teodolito, si este dispone de plomada óptica, se verifica que la puntilla de la estaca esté ubicada en el cruce de los hilos del retículo de la plomada óptica. Si esto no ocurriese, se suelta el teodolito de su base aflojando la horquilla de la base del trípode y se mueve el teodolito con movimientos en cruz (hacia la izquierda o derecha y arriba o abajo) de tal manera que la puntilla coincida con el cruce de los hilos de los retículos. Posteriormente se nivela nuevamente el teodolito hasta que quede centrado y nivelado correctamente. En este momento queda estacionado el teodolito.

### **Operación del teodolito.**

Antes de proceder a manejar el teodolito, el usuario debe de familiarizarse con el tipo de teodolito, la ubicación con cada uno de los tornillos, “si amarra” o “no amarra” ángulos y como se basa la lectura de ángulos.



### **Lecturas de ángulos.**

- 1) Este procedimiento debe de realizarse tanto para ángulos horizontales como ángulos verticales.
- 2) Para leerse ángulos deben de observarse por el ocular para la lectura de ángulos. En el que se precisan varias ventanas: la ventana AZ en la que se leen ángulos horizontales, la ventana V para leer ángulos y ocasionalmente una tercera ventana que se leen minutos y segundos.
- 3) Primero se debe de dar vista del objeto que general es una estaca de punto o estación. Se fija (gira a la derecha) el tornillo de movimiento horizontal y/o vertical y se perfecciona y ajusta exactamente la visual con el tornillo lento horizontal y/o vertical.
- 4) Si el teodolito no tiene micrómetro, basta o con observar en la ventana correspondiendo el ángulo en grados, grados y minutos.

- 5) Si el teodolito dispone de una tercera ventana, como (modelo) en la ventana AZ se leen los grados y en la tercera ventana los minutos y segundos. Si no dispone de una tercera ventana, la lectura de grados, minutos y segundos se hará simultáneamente en la ventana AZ.
- 6) En cuanto a la lectura de ángulos verticales se aclara que estas tienen como cero ( $0^{\circ} 0' 0''$ ) el cenit. Es decir que el cero esta cuando el telescopio apunta hacia arriba. Si el telescopio esta invertido marcara en la ventana V  $270^{\circ}$  y si esta al contrario, marcara  $90^{\circ}$ . Si el telescopio apunta hacia abajo marcara  $180^{\circ}$ .
- 7) La relación entre ángulos verticales y cenitales está dada por la ecuación  
$$\text{ángulo cenital} = 90^{\circ} - \text{ángulo vertical}$$

Los teodolitos varían en la precisión de lecturas angulares dependiendo de la marca y el modelo.

### **3.4 PRÁCTICA NÚMERO IV: Levantamiento de una poligonal por el método por radiación.**

#### **3.4.1 Objetivos**

- Manipular correctamente el teodolito en el levamiento de un lote
- Efectuar el levantamiento de un lote aplicado el método de radiación.

#### **3.4.2 Equipo**

1. Teodolito
2. Trípode
3. Plomadas
4. Estacas
5. Brújula
6. Cinta
7. Mazo
8. Estacas de puntos

#### **3.4.3 Exploración y reconocimiento del terreno del terreno**

Como todo levantamiento topográfico, la expresión y reconocimiento del terreno por levantar es indispensable para lograr y planear los trabajos: prever cualquier problema y estudiar la solución, con el fin de evitar de tiempo en el campo.

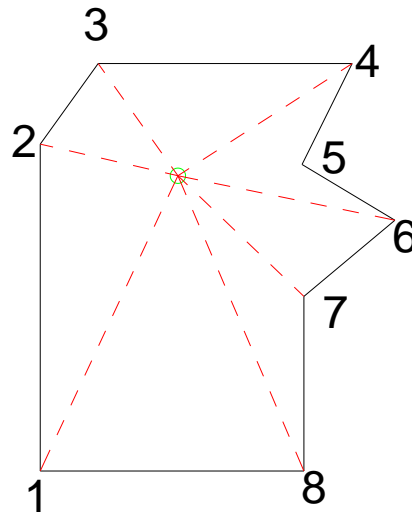
El levantamiento de lotes por radiación es un método simple y rápido empleando una cinta, el teodolito y una plomada solamente. Se utiliza en lotes relativamente pequeños, en terreno plano y en el caso de terrenos más grandes, puede emplearse focos enlazados entre sí para ángulos y distancias.

El método consiste en ubicar un punto central en medio del lote, de tal manera que desde ahí, puedan observarse todos los vértices de la poligonal que forma el contorno del lote (perímetro del lote) evitando que se realicen lecturas con ángulos pequeños.

#### **3.4.4 Procedimiento de campo**

Supóngase el siguiente esquema como figura del lote

**Figura # 2: Poligonal levantada por el método de radiación**



1. El perímetro del lote está formado por los puntos 1-2-3-4-5-6-7-8-1.
2. Se ha ubicado el foco F en un punto central de donde se pueda observar todos los vértices de la poligonal formada por el contorno del (perímetro) del lote.
3. Se estaciona el teodolito el foco f colocando en ceros con la norte.
4. Una vez instalado así, cualquier lectura de ángulos que se realicen serán azimutes.
5. Se da vista al punto 1, anotando el ángulo correspondiente a la cartera y se mide la distancia desde el punto f, hasta el punto 1 en cintazos de 10 m como máximo.
6. Se continúa de la misma manera en el punto 2, luego en el punto 3, etc.... hasta llegar al punto 8.
7. Nuevamente se da vista al punto 1 (punto donde se inicio la radiación) y se verifica la lectura angular en este punto con fin de asegurarse que el teodolito no se ha movido, cuya lectura deberá ser anotada también en la libreta de campo.

8. La diferencia entre las dos lecturas no debe de ser superior a la precisión del teodolito.

**Tabla 3: Libreta de campo de levantamiento de poligonal por el método de radiación.**

Foco	Punto	Azimut	Distancia	Observaciones
	1	14° 9' 40"	21.39	
	2	113° 11' 13"	21.00	
	3	132° 44' 30"	21.93	
	4	186° 18' 0"	22.31	
	5	187° 49' 40"	10.34	
	6	253° 9' 0"	12.26	
	7	290° 36' 0"	11.64	
	8	308° 37' 50"	18.45	
	1	14° 9' 20"		

En el ejemplo se tiene que

$$Az_1 - Az_F = 14^\circ 9' 40'' - 14^\circ 9' 20'' = 0^\circ 0' 20''$$

Si la misma lectura o precisión del teodolito es de 30'', de acuerdo con el resultado anterior, la precisión es mayor que la diferencia en lecturas encontradas por lo que el levantamiento topográfico realizado es correcto y debe de continuarse por medio del cálculo de coordenadas.



### 3.5 PRÁCTICA NUMERO V: Aplicación del teodolito y estadia en levantamientos de poligonales.

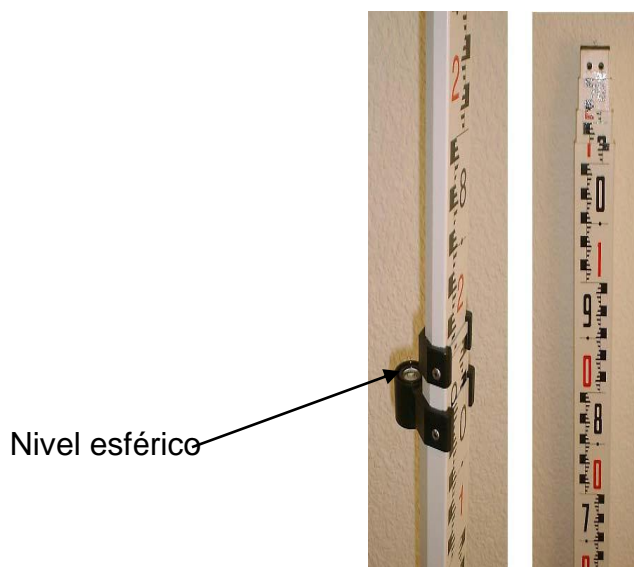
#### 3.5.1 Objetivos

- Adquirir habilidades para realizar levantamientos topográficos con teodolitos y estadia.
- Levantar una poligonal con el método de teodolito y estadia.

#### 3.5.2 Equipo

1. Teodolito
2. Plomadas
3. Estadia
4. Clavos

**3.5.2.1 Estadia:** Es una regla vertical graduada en centímetros, por lo general tiene cuatro metros de longitud, algunas estadias poseen un nivel para asegurar que esta se encuentre completamente vertical y de esta forma las medidas sean más exactas.



### 3.5.4 Distancias horizontales

Además del hilo horizontal, la retícula de un teodolito tiene otros dos hilos horizontales para la medición con estadia, llamados hilos estadimétricos, equidistantes del hilo central.

La Distancia Horizontal (DH) del centro del instrumento al estadal es:

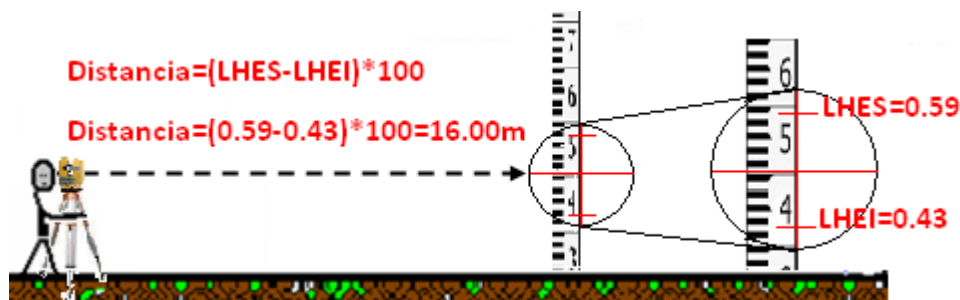
$$DH = Ks + (f+c) = Ks + C$$

Donde:

K= Factor de intervalo de estadia

F= Distancia Focal

C=Distancia del centro del instrumento al foco principal



### 3.5.5 Distancia con visual inclinada

La mayoría de las visuales de estadia son inclinadas debido a su configuración variante del terreno, pero la longitud interceptada se lee sobre un estadal sostenido a plomo y la distancia es reducida a distancia horizontal.

Partiendo de la siguiente fórmula:

$$DH = Ks \cos^2 \Delta + C \cos 0^\circ$$

Considerando que el  $\cos 0^\circ = 1$ , tenemos  $DH = Ks \cos^2 \Delta + C$  y considerar para anteojos de enfoques interno ( $C=0$ ).

Obtenemos como fórmula para el cálculo de la Distancia Horizontal la establecida a continuación.

$$DH = K \cdot S \cdot \cos^2 \Delta$$

Dónde:

$$K = 100$$

$$s = (h_s - h_i)$$

$h_s$  = hilo superior

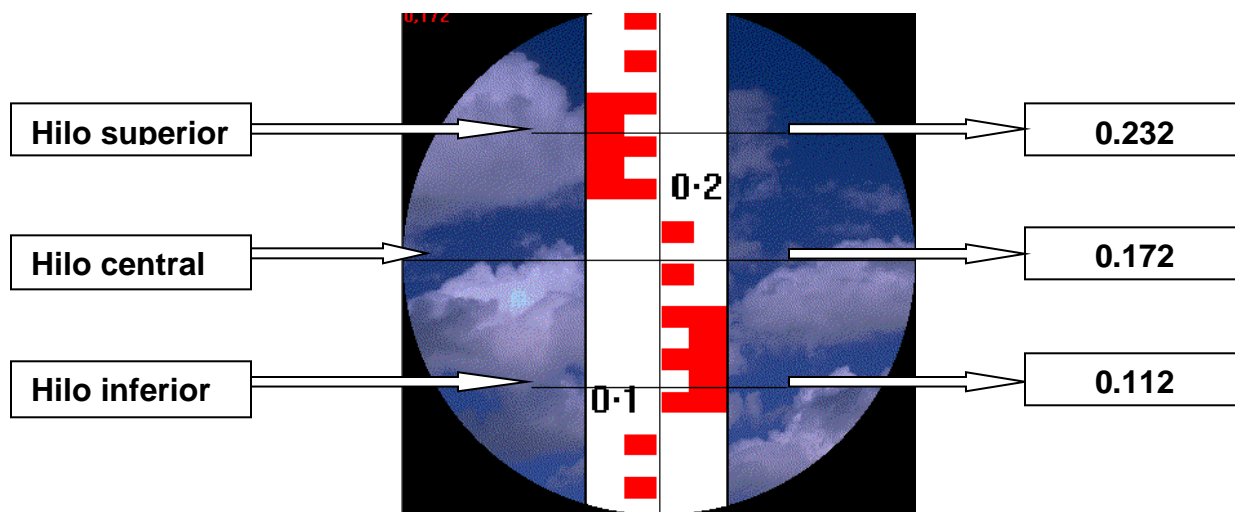
$h_i$  = hilo inferior

$\Delta$  = ángulo vertical comprendido entre el horizonte y la visual al punto

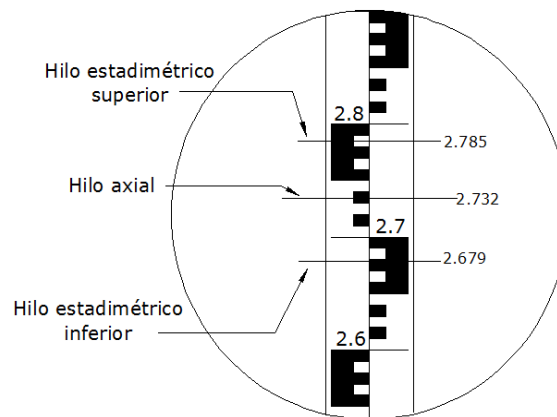
### 3.5.6 Ejemplos de lectura con estadia

Estas estadias están graduadas cada centímetro y tienen una figura en especie de **E** que equivale a cinco centímetros.

#### 3.5.6.1 Ejemplo. Lecturas en centímetros



### 3.5.6.2 Ejempl0 2: Lecturas en metro



### 3.5.7 Errores en los levantamientos con estadia

Muchos de los errores de los levantamientos con estadia son comunes a todas las operaciones semejantes de medir ángulos horizontales y diferencias de elevación, las fuentes de errores en la determinación de las distancias horizontales calculadas con los intervalos de estadia son los siguientes:

1. La constante estadimétrica no es la supuesta.
2. La estadia no se encuentra completamente vertical, por esta razón es importante que esta tenga un nivel para evitar que se balancee.
3. La lectura en la estadia es incorrecta, este es el error más común el cual afecta considerablemente en el cálculo de la distancia.
4. Mala lectura de los ángulos verticales, esto provoca errores en las diferencias de elevación.
5. También se pueden producir errores debido a fallas del instrumento como cuando existe una separación incorrecta de los hilos estadimétricos.

Todos estos errores pueden evitarse manejando cuidadosamente el instrumento, usando instrumentos en buen estado y evitando visuales demasiado largas.

### 3.5.8 Levantamiento con teodolito y estadia

Cuando solo se desea obtener la posición horizontal de objetos y líneas como en algunos reconocimientos preliminares, levantamientos aproximados de linderos y levantamientos detallados de planos, el Método de Estadia, empleando el teodolito es suficientemente preciso y considerablemente más rápido y económico que los

levantamientos efectuados con teodolitos y cinta. Los intervalos de estadia y los ángulos horizontales (o direccionales) se toman cada vez que se lee el estadal.

En cada estación se barrerán los ángulos horizontales, las lecturas del hilo superior e inferior y los ángulos verticales por medio del registro siguiente:

**Tabla 4: Registro de campo de levantamiento de un polígono usando estadia**

Est	Pto	hs	hc	hi	AV	POSI	POSII	Dist	AngHzPr
	D	hD	hD	hD	ZD	0°00'	180°		
A									(O'I+ O'II)/2
	B	hB	hB	hB	ZB	$\Theta_0$	$\Theta$		
	A	hA	hA	hA	ZA	0°00'	180°		
B									(O'I+ O'II)/2
	C	hC	hC	hC	ZC	$\Theta_0$	$\Theta$		

Las primeras 8 casillas son registros de campo propiamente dichos y con ayuda de las casillas 9 y 10 calcularemos por el método de coordenadas el área de la poligonal levantada.

### 3.5.9.1 Anotación en la tabla de registro

AV = Ángulo Vertical

O'I =  $\Theta_0.0^000'$

O'II=  $\Theta_1.180^0$

### 3.5.10 Procedimiento de campo

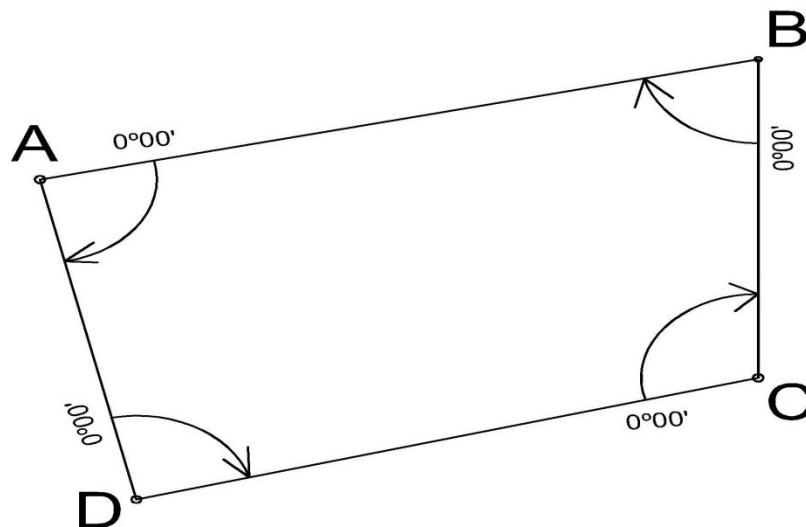
1. Definir el sentido o itinerario del levantamiento (positivo o negativo).
2. Determinar el azimut de una de las líneas del polígono con la ayuda de una brújula. Estacionado en un vértice del polígono ubicar el 0° 00' en la dirección del Norte Magnético que señala la aguja de la brújula girar a la derecha y visar un vértice del polígono para obtener el azimut de esa alineación.
3. En la zona de trabajo ubicar los vértices del polígono, materializando estos por medio de estacas con clavos.
4. Estacionar el teodolito en el vértice A, amarrar la lectura de 0°00' en el limbo horizontal y visar el punto D, amarrado la alineación de 0°00', soltar el limbo

horizontal para iniciar el barrido de los ángulos en el sentido de las manecillas del reloj aplicando el Método de Bassel. Visar el punto B, anotar la dirección leída, dar vuelta de campana al anteojo y enfocar el punto o vértice D, girar el aparato y ubicar de nuevo el vértice B. De haberse realizado bien la ubicación de la lectura en el Vernier sobre el punto D debe ser de  $180^{\circ}$ .

5. Ubicar la estadia en el vértice D y en el vértice B, para realizar las lecturas respectivas de los hilos estadimétricos superior e inferior con su respectivo ángulo vertical.
6. Estacionar el teodolito en el vértice B, realizar el procedimiento antes descrito en los incisos 4 y 5, solamente que ahora visar primero el vértice A con la alineación de  $0^{\circ}00'$  y barrer el ángulo horizontal hacia el vértice C, en el sentido de las manecillas del reloj. Ubicar la estadia en los vértices A y C para realizar las respectivas lecturas de hilos estadimétricos y de ángulos verticales.
7. Estacionar el teodolito en los vértices restantes del polígono realizado el mismo proceso planteado en las estaciones anteriores.

En resumen la practica consiste en ubicar el teodolito en cada vértice de la poligonal y determinar sus ángulos internos por el método de bassel y determinar sus distancias dos veces por el método estadimétrico.

**Figura # 3: poligonal levantada usando teodolito y estadia**



### **3.6 PRÁCTICA NÚMERO VI: Trazo de curvas horizontales usando teodolito digital**

#### **3.6.1 Objetivo**

- Trazar y cadenear en el terreno Curvas Circulares Simples previamente calculadas.
- Trazar una curva horizontal por el método de deflexiones.

#### **3.6.2 Equipo**

1. Estación total
2. Trípode
3. Plomada
4. Cinta métrica
5. Clavos

#### **3.6.3 Curvas circulares**

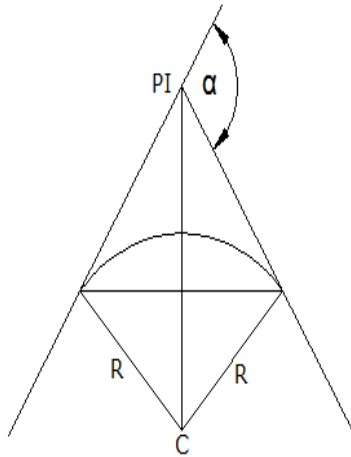
El eje de la vía está constituido, tanto en el sentido horizontal como en el sentido vertical, por una serie de rectas unidas sucesivamente por curvas.

El Alineamiento Horizontal es la representación en planta del eje de la vía, y está constituido por rectas o alineamientos rectos que se conecten entre sí generalmente por medio de curvas circulares que proporcionan el correspondiente cambio de dirección que mejor se acomode al correcto funcionamiento de la vía.

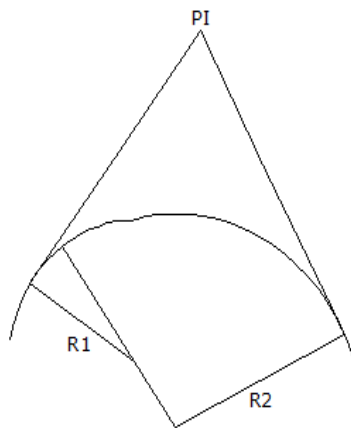
Las curvas circulares se utilizan para empalmar tramos rectos, estas curvas deben cumplir con ciertas características como: facilidad de trazo, economía y deben ser diseñadas de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Existen diferentes tipos de curvas circulares, las más usadas y recomendadas estas son las curvas circulares simples. Mencionaremos los tipos curvas circulares.

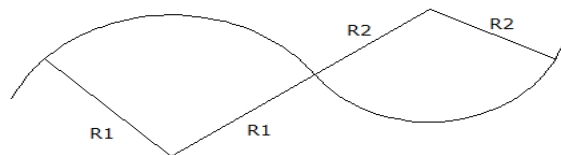
**Curva circular simple:** Una curva circular simple es un arco de circunferencia tangente a dos alineamientos rectos de la vía y se define por su radio (R) o grado de curvatura (G). El Radio R se elige de acuerdo con las especificaciones del caso, tipo de camino, vehículos, velocidad y otros factores. Generalmente siempre se procura trazar Curvas de Radio Grande, es decir, Curvas cuyo grado de curvatura sea pequeño.



**Curva compuesta:** Es una curva que está compuesta por dos arcos de diferente radio.

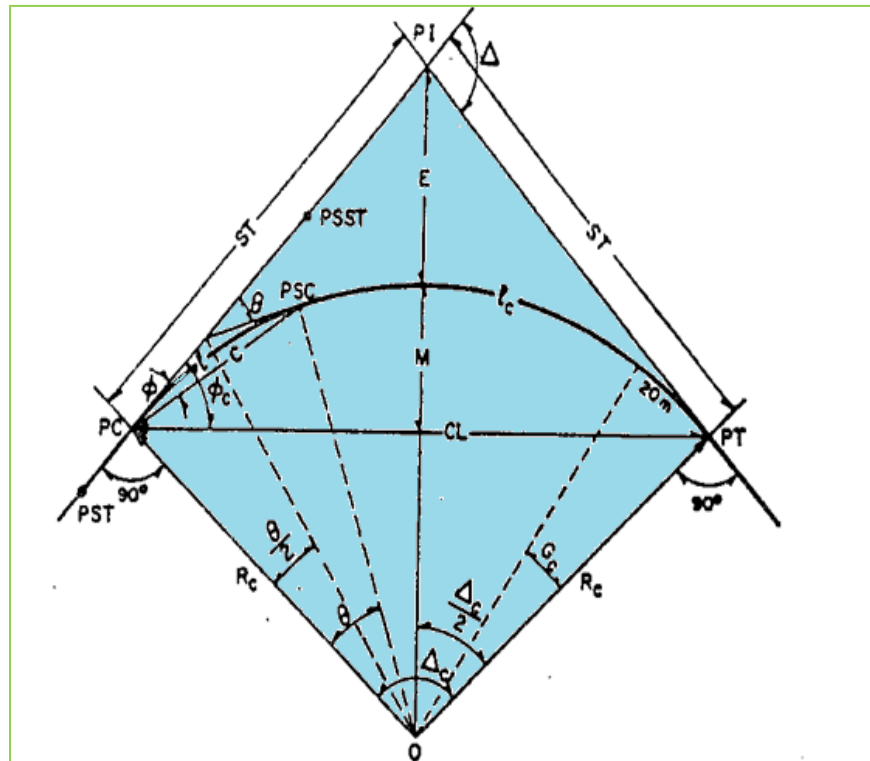


**Curva inversa:** Son dos curvas colocadas en sentido contrario a la tangente común.





### 3.6.3.1 Elementos de una curva circular:



**PI:** Punto de Intersección de la prolongación de las tangentes.

**PC:** Punto comienzo

**PT:** Punto de Termino

**PSC:** Punto sobre la curva circular

**PST:** Punto sobre tangente

**PSST:** punto sobre subtangente

**O:** Centro de curva

**$\Delta$ :** Angulo de Deflexión de las tangentes

**$\Delta C$ :** Angulo central de curva circular

**$\Theta$ :** Ángulo de deflexión a un PSC

**Φ:** Ángulo de una cuerda Cualquiera

**Φ C:** Ángulo de la cuerda larga

**G C:** Grado de curvatura

**RC:** radio de la curva

**ST:** Subtangente

**E:** externa

**M:** ordenada media

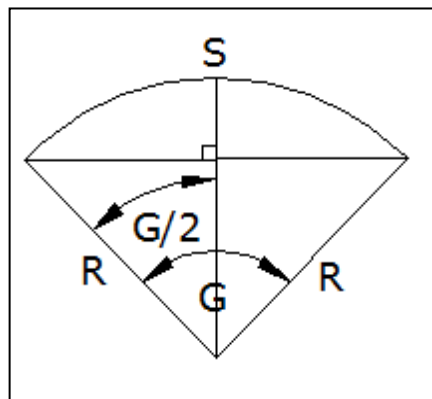
**C:** Cuerda

**CL:** Cuerda larga

**L:** longitud del arco

**L:** longitud de la curva circular

**3.6.3.1.1 Grado de curvatura (G°):** Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros, es decir el ángulo entre dos radios que subtienden un arco de 20 m.



a) **Grado - radio**

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R_c}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

donde:

**Gc** = Grado de curvatura de la curva circular

**Rc** = Radio de la curva circular

b) **Grado – longitud**

$$\frac{D}{\Delta} = \frac{20}{G^{\circ}} = D = \frac{20 * \Delta}{G^{\circ}}$$

$$\frac{D}{\Delta} = \frac{2\pi R}{360^{\circ}} = D = \frac{\pi R \Delta}{180^{\circ}}$$

### 3.6.3.2 Como proyectar las curvas circulares

Se puede realizar cualquiera de las siguientes dos formas:

- Trazamos el radio y escogemos la curva que mayor se adapte calculando posteriormente su radio de curvatura.
- Empleamos curvas de determinado radio de curvatura y calculamos los demás elementos en ella. Siendo este el más recomendado.

Es recomendable el trazo de curvas con radio grande y radio de curvatura pequeño lo que facilitara visibilidad y trazado de la vía.

### 3.6.3.3 Descripción de los elementos de una curva circular

La distancia entre el PC y el PI, que es igual a la distancia entre PI y PT, se llama Tangente (T) y su valor se halla mediante la fórmula

$$T = R * TAN\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

La distancia entre el PC y el PT, en línea recta, se conoce como **la Cuerda Principal de la curva (C)**. También de la Fig. 1 se deduce fácilmente que:

$$C = 2R * \text{SEN}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

La distancia del PI al punto medio de la curva se llama **Secante Externa o simplemente Externa (E)**. En la Fig.1 se ve que:

$$\text{COS}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = \frac{R}{(R + E)}$$

de donde resulta que

$$E = R * \left[ \text{SEC}\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right]$$

La distancia entre los puntos medios de la curva y de su cuerda principal se llama **Secante Interna o mediana (M)**, según la Fig. 1

$$\text{COS}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = \frac{R - F}{R}$$

de donde

$$M = R * \left( 1 - \text{COS}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

Se llama **Longitud de la curva (L)** a la distancia a lo largo de la curva desde el PC hasta el PT. De acuerdo con la definición de grado de curvatura, tenemos que:

$$\frac{\Delta}{L} = \frac{G_{20}}{20}$$

De donde

$$L = \frac{\Delta}{G_{20}} * 20$$

Si se usa el grado de curvatura definido por el arco la fórmula da la longitud real de la curva; pero se utiliza el grado definido por la cuerda se obtiene la longitud total de los lados de un polígono inscrito en la curva entre el PC y el PT.

y el ángulo de deflexión para dos arcos (o cuerdas) de 20 m., será:

$$\delta_2 = \frac{2 * G^0}{2}$$

El ángulo de deflexión total para la curva, que está formado por la tangente y la cuerda principal, será:

$$\delta = \frac{\Delta}{2}$$

En forma General el ángulo de deflexión se calcula de la siguiente manera:

$$\delta_{\min} = 1.5 * G^0 * \text{Longitud de la cuerda}$$

#### **3.6.3.4 Replanteo de curvas circulares**

Para replantear una curva circular lo primero que se debe realizar es ubicar el PI, una vez ubicado el PI se mide la longitud de la tangente sobre el primer alineamiento (tangente de entrada) para localizar el PC (punto de inicio de la curva) y desde este punto se mide la longitud de la curva para localizar el PT (punto donde termina la curva). A partir de estos puntos se puede replantear la curva.

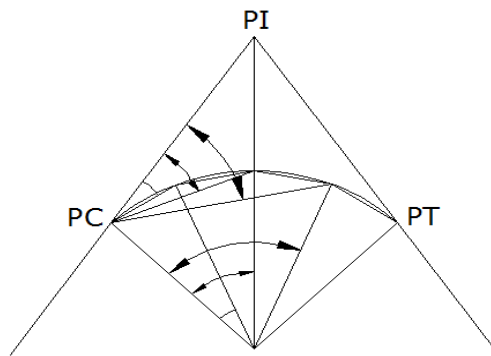
#### **3.6.4 Métodos para replantear una curva**

Existen tres métodos para replantear una curva circular, los cuales son los siguientes:

- Deflexiones angulares
- Ordenadas sobre la tangente
- Ordenadas sobre la cuerda principal

**3.6.4.1 Método de las Deflexiones:** Este método consiste en replantear todos los puntos de la curva desde el PC midiendo ángulos de deflexión y cuerdas, el ángulo de deflexión es el ángulo formado por la tangente y cada una de las cuerdas que se miden desde el PC hasta los puntos de la curva.

El método de deflexiones angulares es el más utilizado en Nicaragua.



Sí el PC está localizado en una abscisa redonda (múltiplo de 20 metros); con el teodolito estacionado en el PC, se mide a partir de la tangente, el primer ángulo de deflexión que es equivalente a  $G_{20}/2$ , puesto que es un ángulo semi-inscrito y por tanto, igual a la mitad del ángulo central que tiene los mismos extremos, que es  $G_{20}$ . A lo largo de la visual, y desde el PC, se miden 20 m. y así se localiza el punto 1, que se marca con una estaca (Fig. 4). Luego se gira el aparato para leer un ángulo  $2G_{20}/2$  y se miden 20 m. a partir de la estaca 1 hasta la visual para localizar la estaca 2. Así se continúa añadiendo  $G_{20}/2$  para cada nuevo ángulo de deflexión y midiendo 20 m. más desde la estaca anterior.

La visual al PT determina la deflexión total de la curva y sirve como comprobación de la medida, pues la lectura debe ser igual a  $\frac{\Delta}{2}$ .

En el caso más general, que el PC no coincida con una estaca de abscisa redonda, la primera estaca dentro de curva debe colocarse en la abscisa redonda (múltiplo de 20 m.) inmediatamente superior a la del PC. Su distancia al PC es la diferencia entre la abscisa y la abscisa del PC, y el ángulo de deflexión correspondiente debe calcularse proporcional a la distancia (que se puede considerar igual al arco), puesto que esa es una propiedad de los ángulos inscritos o semi-inscritos en una circunferencia.

### 3.6.5 Procedimiento de campo: Replanteo desde el PC y Deflexión derecha

1. Interceptada las dos tangentes se establece el PI, colocando un taco de madera con un clavo pequeño en el centro e identificando dicho estacionamiento.
2. Ubicar la estación en el PI y medir el ángulo de deflexión correspondiente  $\Delta$ .
3. A partir del PI medir las tangentes para localizar el PC y el PT (con estos puntos establecidos se hace exactamente lo que se hizo con el PI, se les da nombre en estaca de madera y se coloca el clavo respectivo en el centro, estos tres puntos el PI, el PC y el PT, deben ser colocados con más cuidado que los otros, pues uno de ellos siempre debe referenciarse).
4. Instalar el instrumento en el punto de estación PC, visar el punto PI con un valor angular de  $0^{\circ}00'00''$ , que corresponde a la deflexión acumulada inicial.
5. Girar el aparato en sentido horario (+) el ángulo específico según sea la longitud de las cuerdas que se utiliza para el replanteo. En el caso del ejemplo se gira hasta obtener en el limbo horizontal la lectura igual a  $0^{\circ}58'$ , que es la deflexión acumulada al primer punto de la curva. Con esta alineación fija en el teodolito proceder a medir la sub-cuerda de 4.80m. desde el PC a la intersección de esta alineación.
6. Para replantear el segundo punto sobre la curva simplemente seguir girando el anteojo para ubicar en el limbo horizontal la lectura correspondiente a la deflexión acumulada a este punto, en el ejemplo  $2^{\circ}58'$  y proceder a medir con la cinta la cuerda de 10 mts. iniciando esta medición del punto 1 a la intersección de la alineación.
7. Los restantes puntos se replantean de la misma manera hasta hacer llegar al PT donde la deflexión acumulada debe ser igual a  $\left(\frac{\Delta}{2}\right)$

### 3.6.6 Ejemplo Cálculos de los elementos una curva

Datos de campo

$$PC = 1+200$$

$$D = 32 \text{ m}$$

$$\Delta_D = 34^\circ$$

$$D_c = \Delta R / 180$$

$$R = 180 D_c / (\Delta)$$

$$R = 53.925$$

$$R = T / \tan \Delta / 2$$

$$T = R \tan \Delta / 2$$

$$T = 16.487$$

$$G^{\circ}c = 1145.92 / R$$

$$G^{\circ}c = 21.250$$

$$G^{\circ}c = 21^\circ 15' 01''$$

$$CM = 2R / \sin \Delta / 2$$

$$CM = 31.532 \text{ m}$$

$$M = R (1 - \cos \Delta / 2)$$

$$M = 2.356 \text{ m}$$

$$E = R (\sec \Delta / 2 - 1) = R [(1 / \cos (\Delta / 2) - 1)]$$



$$E=2.464 \text{ m}$$

Estaciones principales

$$\text{Est. PI} = \text{Est. PC} + T$$

$$\text{Est. PI} = 1 + 216.487$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + DC$$

$$\text{Est. PT} = 1 + 232$$

Debido a que el desarrollo de la curva es menor que 200 desde el PT al PC

Como  $15^{\circ} 00' < G^{\circ}c < 32^{\circ}00'$  entonces se debe de usar cuerdas de 5.00 m

**Tabla 5: Tabla de replanteo de curvas circular**

Pto	Est	Cuerda	Deflexión	Deflexión acumulada
PC	1 +200	-	00°00'	00° 00'
	1+205	5	02°39'23"	02°39'23"
	1+210	5	02°39'23"	05°18'46"
	1+215	5	02°39'23"	07°58'07"
	1+220	5	02°39'23"	10°37'32"
	1+225	5	02°39'23"	13°16'50"
	1+230	5	02°39'23"	15°56'18"
	1+232	2	01°03'45"	17°00'03"

$$\delta/m = (1.50 * G^{\circ}c * \text{Cuerda}) / 60$$

$$\delta/m = (1.50 * 21^{\circ}15'01'' * 5\text{m}) / 60 = 02^{\circ}39'23''$$

$$\delta/m = (1.50 * 21^{\circ}15'01'' * 2\text{m}) / 60 = 01^{\circ}03'45''$$

$$\text{Recuerde que } 17^{\circ} 00'03'' = \Delta/2$$

Se obtuvo un error de cierre de 03'' menor que lo permitido 1'. Lo cual obedece a la precisión en los cálculos realizados.

### **3.7 PRÁCTICA NÚMERO VII: Conocimiento y manejo de la estación total.**

#### **3.7.1 Objetivos**

- Conocer las partes conjuntivas de la estación, estacionamiento y nivelación de la estación total.
- Aprender a manejar la estación total.
- Establecer la importancia de la estación total en el levantamiento topográfico.
- Realizar el levantamiento de un lote con la estación total.

#### **3.7.2 Equipo**

1. Estación total.
2. Trípode
3. Prisma
4. Brújula
5. Cinta
6. Jalones
7. Plomada

##### **3.7.2.1 Estación total**

Se conoce como Estación Total la combinación de un teodolito electrónico, un medidor de distancia electrónico y un procesador, por lo que con una estación total se puede medir rápidamente y con exactitud, ángulos horizontales, verticales e inclinados con su respectiva dirección, las coordenadas horizontales y verticales de un punto.

Debido a que la estación total es un procesador, la información recolectada puede almacenarse en un colector de datos que puede ser enviada a un computador directamente para elaborar el dibujo.

La estación total dispone de un teclado que varía dependiendo de cada modelo, con el que se le dan las instrucciones de control. Para la presente práctica el modelo es Pentax **R – 315 N**.

Ya que esta estación está compuesta por varios elementos de vidrio como lentes, prisma y elementos electrónicos, es un instrumento delicado por lo que su uso, empaque y traslado debe de ser cuidadoso, ya que las reparaciones son bastante costosas.



**3.7.2.2 Prisma:** Es conocido como objetivo (target) que al ubicarse sobre un punto desconocido y ser observado por la Estación Total capta el láser y hace que rebote de regreso hacia el instrumento.



**3.7.2.3 Bastón Porta Prisma:** Es un tipo de bastón metálico con altura ajustable, sobre el que se coloca el prisma. Posee un nivel circular para ubicarlo con precisión sobre un punto en el terreno.



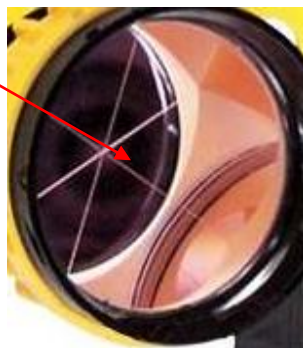
### 3.7.3 Mediciones con estación total

Para la toma de datos es preciso efectuar una planeación. Se debe de tener claro los puntos del lote. Si es un lote cerrado (poligonal cerrada) deben de definirse los vértices o estación (deltas) al igual que una poligonal abierta. Si es una poligonal abierta para el levantamiento topográfico de una vía, la toma de datos debe de concentrarse especialmente en las curvas, ya que una inadecuada toma de datos en estos puntos produce desviaciones a los alineamientos rectos.

En la toma de datos debe de colocarse el prisma en el punto específico: es decir, si se trata de una poligonal cerrada, el prisma debe de colocarse en los vértices o estación (deltas) de la poligonal y en algunos puntos intermedios para la generación de la topografía detallada curvas de nivel) que se trata en altimetría ( topografía II).

Debe de enfocarse el visor en la estación justo en el centro del prisma en donde se concentran los radios del hexágono del prisma. De lo contrario, la estación no podrá hacer las lecturas.

Centro del prisma



### 3.7.4 Funcionamiento de estación total

El funcionamiento del aparato se basa en un principio geométrico sencillo y muy difundido entre los técnicos catastrales conocido como Triangulación, que en este caso consiste en determinar la coordenada geográfica de un punto cualquiera a partir de otros dos conocidos. En palabras claras para realizar un levantamiento con Estación Total se ha de partir de 2 puntos con coordenadas conocidas o en su defecto asumidas, y a partir de esa posición se observan y calculan las coordenadas de cualquier otro punto en campo. Se ha difundido universalmente la nomenclatura para estos tres puntos, y es usada por igual en cualquier modelo de Estación Total.

**3.7.5 Coordenadas de la Estación (Stn Coordinate):** Es la coordenada geográfica del punto sobre el cual se ubica el aparato en campo. A partir del mismo se observaran todos los puntos de interés.

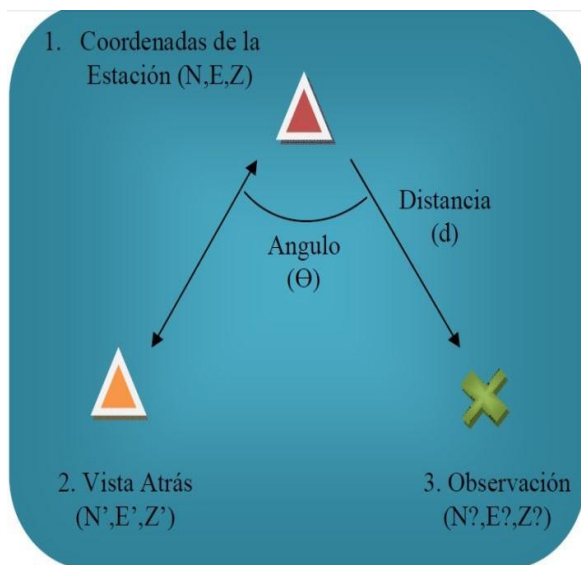
**3.7.5.1 Vista Atrás (Back Sight):** Es la coordenada geográfica de un punto visible desde la ubicación del aparato. El nombre tiende a confundir al pensar que este punto se ubica hacia atrás en el sentido que se ejecuta el levantamiento, pero más bien se refiere cualquier punto al que anteriormente se le determinaron sus coordenadas, mediante el mismo aparato o con cualquier otro método aceptable.

**3.7.5.2 Observación (Observation):** Es un punto cualquiera visible desde la ubicación del aparato al que se le calcularan las coordenadas geográficas a partir del *Stn Coordinate* y el *BackSight*.

**3.7.6 Operacionalmente el proceso sigue también la misma secuencia:**

1. Centrado y Nivelación del aparato (Stn Coordinate).
2. Orientación del Levantamiento (Back Sight).
3. Observación (Observation).

Para entenderlo mejor veámoslo gráficamente.



Esmelda Delgadillo

#### **Pasó a Paso:**

El aparato se ubica en el punto "1" y se orienta hacia el punto "2", ambos con coordenadas conocidas.

El aparato realiza un giro para observar el punto "3" obteniendo un ángulo " $\Theta$ " y una distancia "d".

A partir de toda esta información se realiza un cálculo matemático (algoritmo) para obtener las coordenadas del punto "3"



### 3.7.7 Instrucciones de manejo de la estación total.

Para un adecuado manejo de la estación total se debe de seguir las instrucciones que se describen a continuación

1. Botón de encendido

2. Botón de funciones

3. Botón de iluminación

4. Botón de Escape

5. Botón laser

6. Botón confirmación

1. Para encender/apagar la Estación Total.
2. Cada Función activada o comando que aparece sombreado en la parte inferior de pantalla.
3. Botón para iluminar la pantalla. Si se pulsa simultáneamente con ESC entra en ayuda o en un listado de parámetros a configurar que se relaciona con el punto 4.
4. Botón Escape: Para apagar plomada laser, para salir de una función o de una pantalla.
5. Botón laser para activar/desactivar a plomada laser desde cualquier lugar de la pantalla.
6. Botón de confirmación de ejecución de operaciones.

### 3.7.8 Estacionamiento y nivelación

Al igual que un teodolito, la estación total dispone de un trípode que debe de centrarse con la ayuda de una plomada laser. Por lo anterior, el trípode debe de

colocarse de tal manera que tenga su base lo más horizontal posible, a una altura adecuada al operador para lanzar las visuales, y debe de quedarse en un posición segura que garantice la estabilidad del aparato, colocando las patas del trípode distribuidas formando un triángulo equilátero.

Posteriormente se nivela la estación al igual que el teodolito (con sus tornillos de nivelación), siguiendo el procedimiento descrito en la **práctica nº 3** verificando que la brújula del nivel tubular quede centrada.

Esta Estación dispone de una plomada laser que permite verificar que el aparato está justamente sobre la puntilla del taco. Si la puntilla o el clavo no coinciden con el punto del laser, significa que debe de moverse el aparato hasta lograr el punto exacto, soltando el tornillo del trípode levemente para facilitar su desplazamiento.

### 3.7.9 Orientación del levantamiento

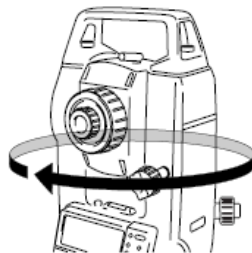
Con el instrumento centrado y nivelado sobre un punto de control, ahora se encuentra listo para comenzar a operar el aparato. Si descomponemos en pasos lógicos este procedimiento lo describiríamos así:

- Indexación del círculo horizontal y vertical.
- Selección del archivo de trabajo.
- Coordenadas de la Estación (Punto topográfico de control).
- Back Sight (*Vista Atrás*).

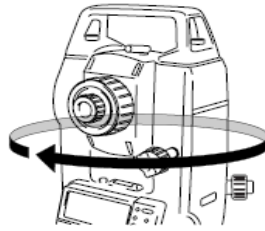
**Nota:** El procedimiento descrito a continuación asume que usted ha obtenido las coordenadas geográficas de 2 puntos en campo que le servirán como puntos de control topográfico. Al final del capítulo se explicara cómo iniciar un levantamiento con coordenadas asumidas en caso de no disponer de coordenadas reales.

#### 3.7.10 Indexación del círculo horizontal y vertical

Encienda el aparato pulsando “ON” (Encender) en el teclado, al hacerlo se ejecuta una revisión para confirmar que el instrumento funciona correctamente. Afloje ahora el tornillo de movimiento horizontal y gire la parte superior del instrumento hasta que el aparato emita el pitido de la indexación horizontal.



Ahora afloje el tornillo de movimiento vertical y bascule el anteojo (se conoce como vuelta de campana). La indexación tiene lugar cuando la lente del objetivo atraviesa el plano vertical en la cara 1.



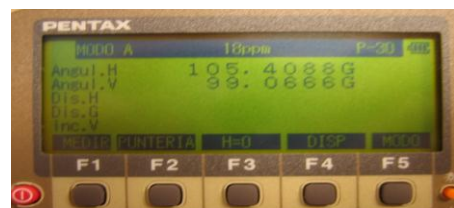
Estos movimientos vertical y horizontal se deben practicar cada vez que se encienda el aparato, esto evitara lecturas erróneas en los ángulos horizontal y vertical. (Geofumadas, 2008)

#### 6.7.11 Selección del archivo de trabajo



Modo A

La Estación Total apunta por defecto a **Modo A**. Para activar cualquier comando de la lista **Modo B** se debe pulsar F5 y así pasar a la pantalla.



Para crear un archivo se hace desde Modo B.

Una vez dentro de la pantalla Función F5 (PAG) selecciona entre un Menú estas cambia entre diferentes Funciones Especiales presentando una pantalla diferente para cada grupo.





**F1: ARCHI.** Se despliega un menú con las siguientes opciones:

- Información
- Crear
- Selecc
- Borrar

**F2: MEDIR.** Inicializa o procedimiento para una medición le permite seleccionar el tipo de datos que requiere guardar:

- Coord. Rectangulares (x, y, z).
- Coord. Polares (Observaciones, ángulos y distancias).

**F3: VER.** Función para Ver/Editar.

- Croquis. Para ver croquis da medición.
- Crear punto. Rectangular.

Para crear manualmente un punto con coordenadas cartesianas.

- Edita datos rectangulares. Ver coordenadas de puntos.
- Edita datos polares. Ver observación de puntos.

**F4: E. LIBRE.** Activa programa para calcular una Base Libre.

#### **6.7.12 Procedimientos de campo.**

1. Revisar que la batería de la estación total está cargada completamente.
2. Efectuar un recorrido del sitio del levantamiento para hacer un reconocimiento y exploración del mismo.
3. Definir las posibles estaciones en donde se instalara la estación total, para realizar la toma de con la mayor cantidad de detalles posibles.
4. Realizar un dibujo a mano alzada detallado de la forma de la zona de cual se le va realizar el levantamiento topográfico con la estación total.
5. Estacionar el equipo e introducir en la estación total el nombre del proyecto. Indicar en el dibujo a mano alzada el punto donde se ha estacionado de acuerdo al consecutivo del # numero del punto que indica la estación total. Esto con el fin de identificarlo posteriormente en el dibujo en computador.
6. Efectuar el levantamiento topográfico en cada uno de los puntos representativos del terreno que sean necesarios identificar en el dibujo a mano alzada el punto correspondiente de acuerdo con el consecutivo que indica la estación total.
7. Se continúa de igual manera para los demás puntos, orientando la estación total con respecto al punto anterior. Tener en cuenta que en el dibujo a mano alzada, deben de unirse aquellos puntos que corresponden al mismo

sitio, como por ejemplo, los puntos radiados que corresponde aun borde de vía, un parámetro de una edificación, un cerco, etc.

8. Conectar la estación total al computador para descargar los datos tomados, con el software que viene incluido con la estación total.

### **3.8 PRÁCTICA NÚMERO VIII: Conocimiento y manejo del sistema de posicionamiento global (GPS).**

#### **3.2.6 Objetivos**

- Conocer los fundamentos teóricos del GPS, su uso, sus posibles funciones en la vida cotidiana y aplicaciones en los estudios científicos de campo.
- Aplicar métodos de levantamientos con GPS.

#### **3.8.2 GPS**

El sistema Global de posicionamiento (GPS) es un sistema satelitario basado en señales de radio emitidas por una constelación de 24 satélites activos. Los satélites están situados a 20.180 Km de altura desplazándose a una velocidad de 14.500 Km. /h. Las órbitas son casi circulares y se repite el mismo recorrido sobre la superficie terrestre. De esta forma en prácticamente un día (menos 4 minutos) un satélite vuelve a pasar sobre el mismo punto de la tierra. Los satélites quedan situados sobre 6 planos orbitales (con un mínimo de 4 satélites cada uno), espaciados equidistantes a  $60^{\circ}$  e inclinados unos  $15^{\circ}$  respecto al plano ecuatorial. Esta disposición permite que desde cualquier punto de la superficie terrestre sean visibles entre cinco y ocho satélites.

Este sistema permite el cálculo de coordenadas tridimensionales que pueden ser usadas en navegación o, mediante el uso de métodos adecuados, para determinación de mediciones de precisión.

El GPS fue instaurado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con el objetivo de obtener en tiempo real la posición de un punto en cualquier lugar de la tierra. Este sistema surgió debido a las limitaciones del sistema TRANSIT que en la década de los 70 proporcionaba posicionamiento usando métodos Doppler. La principal desventaja de este último era la no disponibilidad de satélites las 24 horas del día.

El GPS proporciona información precisa acerca de su posición, velocidad y tiempo en cualquier lugar del mundo y en cualquier condición climática.

### **3.8.2.1 Breve reseña histórica**

En los inicios de la civilización, el hombre encontró en el cielo puntos de referencia, utilizando las estrellas. El momento exacto de efectuar las plantaciones de cultivos fue la motivación del hombre para introducirse en las ciencias astronómicas y geodésicas. La cadena de desarrollos técnicos llega hasta el presente de la mano de las mediciones satelitales. Así, se refleja el deseo del hombre por alcanzar el conocimiento de la esencia del tiempo y del espacio para el beneficio de la sociedad.

GPS, era antes conocido como NAVSTAR Global Positioning System. Fue iniciado en 1973 para reducir la proliferación de ayudas de navegación. El objetivo del sistema GPS era ofrecer a las fuerzas de los EE.UU. la posibilidad de posicionarse (disponer de la posición geográfica) de forma autónoma o individual, de vehículos o de armamento, con un costo bajo, con disponibilidad global y sin restricciones temporales.

Los Estados Unidos (quienes desarrollaron GPS) y Rusia (quien desarrolló la versión Europea GLONASS) han ofrecido el uso gratuito de sus satélites a la comunidad internacional.

Desde 1984, con muy pocos satélites en órbita, aparecieron tímidamente fabricantes de receptores GPS destinados al mundo civil (Texas Instruments y Trimble Navigation).

### **3.8.2.2 Orígenes del sistema NAVSTAR**

El uso de satélites terrestres artificiales para propósitos de navegación comenzó con el SPUTNIK 1. La navegación satelital combinó los métodos de navegación celeste con los de radio navegación para alcanzar sistemas que tuvieran adelantos revolucionarios sobre la precisión y el rendimiento.

La diferencia fundamental entre la navegación por medio de satélites artificiales que usan señales de radio con respecto al resto de los métodos de navegación es, particularmente, la distribución geométrica de los puntos emisores. El espacio

ofrece la oportunidad para la radiación de señales 3 sobre grandes extensiones. De esta manera, no existe el efecto tradicional de menor precisión por baja cobertura.

Desde que se inició la tecnología espacial, hace 40 años, se está generando un sistema que le proporciona al usuario una precisión de la posición en el orden de pocos metros, medición de velocidad en el orden de una décima de metro por segundo, y la lectura de la hora en el orden de nanosegundos.

### 3.8.2.3 Elementos del GPS

El GPS tiene 3 porciones:

- 1.- **El segmento de espacio:** formado por los satélites GPS que mandan señales de radio desde el espacio. Consiste en 24 satélites.
- 2.- **Segmento de control:** consiste en las estaciones de la tierra que se cercioran de que los satélites estén funcionando correctamente.
- 3.- **Segmento de usuario:** lo forman los receptores y la comunidad de usuarios. Los receptores convierten las señales recibidas de los satélites en posición, velocidad y tiempo estimados.

### 3.8.2.4 Satélites de constelación navstar.



- Los satélites, como ya se ha dicho, viajan en 6 planos orbitales a 20.200 Km de altura, para cubrir toda la superficie de la tierra.
- 2 órbitas cada día.
- 27 satélites (quizás 30 o 31). Un mínimo de 21 funcionales y 3 de reserva. Con relojes atómicos de alta precisión. Los satélites usan como combustible hidrazina.

- Con al menos 3 satélites se consigue una posición en dos dimensiones, no se da la altura por lo que el usuario debe introducirla.
- Con al menos 4 satélites se consigue una posición en tres dimensiones y la altura.
- Los modernos equipos utilizan la información de más de 4 satélites para dar una posición
- Se garantiza la presencia de 4 o más satélites, con un 99,9% de probabilidad.

### **Los satélites envían dos tipos de información:**

**1. Almanaque:** Datos o parámetros que definen la órbita del satélite (situación aproximada de satélites en un momento determinado).

**2. Efemérides:** Son ondas repletas de información. Situación precisa del satélite en el espacio, salud del satélite, hora exacta de emisión de la señal, códigos de control y corrección.

### **3.8.2.5 Los receptores GPS:**

- Pueden determinar su distancia a los satélites...
- Pueden ser usados como puntos de referencias.

La posición se obtiene triangulando al menos tres satélites. La ecuación fundamental que permite aun GPS averiguar nuestra posición es:

$$\text{VELOCIDAD} = \text{DISTANCIA} / \text{TIEMPO}$$

(Kilómetros / hora)

De estos parámetros conocemos la velocidad y el tiempo. A partir de estos podemos conocer la distancia.

- Velocidad: 300.000 Km/segundo.
- Tiempo: es medido por el receptor

### 3.8.2.6 Precisión del GPS

El GPS nos ayuda a saber más o menos dónde estamos pero para localizar un dispositivo concreto necesitamos una precisión mayor. La imitante en la precisión nos la da el poder de cómputo de los receptores.

### 3.8.2.7 Tipos de GPS

Existen diferentes tipos de GPS, de acuerdo al uso que se les dé, se pueden clasificar en:

a) **GPS de mano:** son receptores que permite guardar los recorridos realizados, seguir rutas precargadas en el receptor, y se pueden conectar a un ordenador para descargar o programar rutas. Este tipo de GPS se puede encontrar con y sin Cartografía, y resultan ideales para campismo. Algunos modelos incluyen una brújula y/o un barómetro electrónico. Su sistema operativo y software son totalmente cerrados y no se pueden modificar.

b) **GPS Navegadores:** Estos tipos de GPS son similares a los de mano, pero orientados a su uso en ciudad y carretera. Estos permiten introducir un destino sobre la marcha y el Navegador calcula la ruta, basándose en su cartografía. Estos GPS generalmente no graban el recorrido ni se conectan a una computadora. En teoría son sistemas cerrados, aunque en la práctica a algunos modelos se les puede modificar su sistema operativo.

c) **GPS integrados:** Corresponden a dispositivos móviles que llevan un GPS integrado, como son Pocket PC o teléfonos móviles.

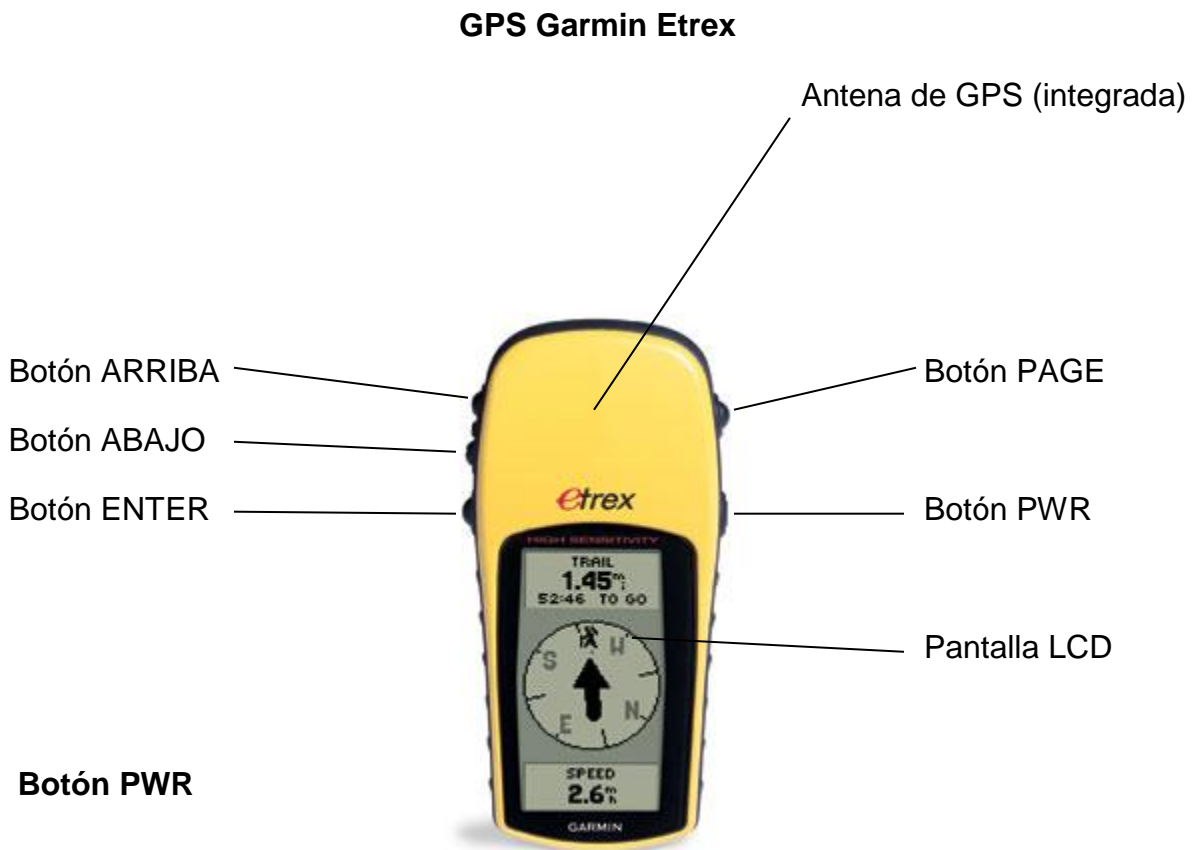
d) **GPS de alta precisión:** El GPS de alta precisión típico incluye dos receptores (GPS) y antenas GPS. Este tipo de GPS permite: levantar datos topográficos con rapidez y alta precisión, además dispone de interface con SIG y navegación.

Para realizar un levantamiento con GPS, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Ubicación del área de estudio para colocar puntos con GPS.
2. Georreferenciación de las obras.
3. Descarga de datos con software (MapSource) para GPS.
4. Ubicación de las obras en un sistema de información geográfica con sus características técnicas.

### 3.8.3 Descripción del GPS usado en la práctica

Para simplificar el aprendizaje de los botones de un GPS, tomaremos como ejemplo la imagen de un GARMIN Etrex ya que en la universidad se cuenta con este equipo, los modelos más específicos tienen mayores funciones, capacidades cartográficas, altímetros barométricos y comunicación bidireccional en el caso del modelo GARMIN Rino. Todos los modelos cumplen la misma función: entregarnos nuestra ubicación, orientarnos bajo cualquier condición climática y planificar nuestras rutas de manera segura. (Aloy, 2005)



**(Encendido/apagado):** Permite encender o apagar nuestro equipo con un toque sostenido y también con un toque simple prende la luz de fondo de nuestra pantalla.

**Botón Page (pagina):** Nos permite cambiar las distintas pantallas de nuestro GPS (Satélite, mapa, navegación, menú) y también funciona como comando CANCELAR o para devolverse en los menús.

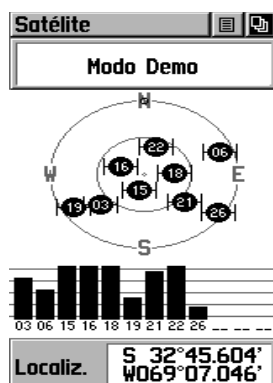


**Botón Enter:** Permite seleccionar (Aceptar) las distintas funciones, y si se mantiene apretado nos permite crear un waypoint en el lugar en que nos encontramos.

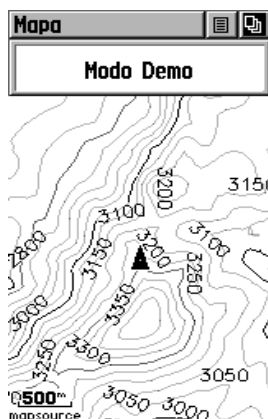
**Botones Up & Down (arriba/abajo):** Nos permiten desplazarnos a través de todas las funciones que nos brinda nuestro GPS. (Aloy, 2005)

### 3.8.3.1 Distintas pantallas de nuestro GPS.

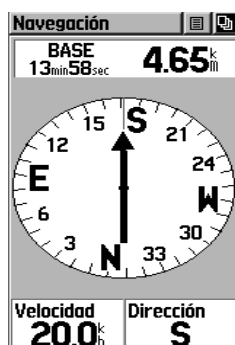
**1. Pantalla Satélite:** En esta pantalla podrás observar la posición en la cual se encuentran los satélites y la calidad de la señal enviada por cada uno de ellos, además podemos obtener la precisión de esta señal. Es importante recalcar, que la precisión de un equipo navegador puede variar entre 5 y 15 mts. En condiciones normales, dependiendo de la señal. (Aloy, 2005)



**2. Pantalla Mapa:** Esta pantalla es básicamente un mapa virtual, que despliega la información, como waypoint, track, rutas, que vamos creando o que previamente introducimos en nuestro GPS como por ejemplo: la cumbre de una montaña o el track enviado por un conocido. La escala del mapa puede regularse con los botones up & down. Permite una navegación simple y una ubicación rápida de nuestro trayecto. Un GPS con funciones cartográficas, tiene la capacidad de desplegar la cartografía del lugar, por ejemplo: ríos, caminos e incluso curvas de nivel como muestra la siguiente figura. (Aloy, 2005)



**3. Pantalla de Navegación:** A través de esta pantalla, en el modelo Garmin Etrex Vista, podemos acceder a las últimas aplicaciones de nuestro equipo, por ejemplo: brújula, compás, ambos muy importantes para hacia donde nos dirigimos y cómo llegar a nuestro destino, los grados de nuestra Dirección (ángulo con respecto al norte referencial del GPS) de nuestra dirección de movimiento o también llamado Heading), el Rumbo (ángulo con respecto al norte de nuestro destino desde el lugar en que nos encontramos o Bearing), la Velocidad de movimiento, la Velocidad Promedio, Odómetro, Tiempo en movimiento, Elevación s.n.m., Puesta y Salida del sol, etc. Y si nos encontramos utilizando las funciones de navegación (GOTO, Track, Rutas) de nuestro GPS, podremos observar en pantalla sobre la brújula y compás, una flecha que nos mostrara con exactitud la huella ya trazada (Función Track Back) o en línea recta a nuestro próximo destino o final (Funciones Ruta o GOTO) además en la parte superior de la pantalla, si estamos utilizando las funciones de navegación del GPS, aparecerá la distancia y tiempo estimado de llegada a destino. Los GPS más avanzados adquieren mayor información y funciones nuevas, e incluso la capacidad de mostrar gran cantidad de información en una sola pantalla para mayor comodidad del usuario. (Aloy, 2005)



**4. Pantalla Menú:** En esta pantalla podemos encontrar diferentes herramientas de nuestro GPS:

**Marca:** Al seleccionar esta herramienta, creamos un Waypoint del sitio en que nos encontremos o poder ingresar un Waypoint de otro lugar y su altura s.n.m. respectivamente.

**Waypoint:** En esta sección encontramos todos los Waypoint guardados en nuestro equipo, además de poder editarlos, seleccionar uno a uno, o simplemente ver sus coordenadas correspondientes, ver los Waypoint próximos a nuestra posición y la distancia a la que se encuentran. A través de la herramienta de Waypoint llegaremos a funciones útiles del GPS, como por ejemplo: la función GOTO, que indica al GPS que nos guíe en forma directa a un Waypoint previamente seleccionado de nuestra lista de puntos, borrar o desplegar en forma gráfica sobre la pantalla mapa un Waypoint seleccionado del GPS a pesar de que este se encuentre distante de nuestra posición. (Aloy, 2005)

**Ruta:** Podemos crear rutas basadas en nuestros waypoints, con esto lo que hacemos es unir varios puntos o waypoints a través de líneas rectas para formar una ruta, es como la función GOTO, pero con la capacidad de guiarnos a varios puntos por etapas.

**Track:** En esta sección del GPS podremos visualizar la memoria utilizadas por nuestra huella o track (Función automática, el GPS guarda la huella exacta desde el inicio hasta el final del recorrido, mediante puntos georeferenciados sucesivos que unidos forman una huella) y también la memoria disponible. Si quieres conservar el sendero tal cual la has recorrido y poder manipularla posteriormente o prestársela a un compañero, podrás guardarla a través del comando SAVE, es importante que al guardarla elijas la opción "En tire Log" para guardarla desde su inicio y no solo el último tramo de ella. Desde aquí podrás seleccionar track anteriores o subidas desde tu PC, y poder cargarlas en el mapa de nuestro GPS para que este nos guíe exactamente por donde fue trazado el sendero, el GPS tiene la opción de desplegar el track o la huella a través de la función track back, "to begin" (hacia el inicio) o "to End" (hacia el final) dependiendo de donde nos encontremos. El modelo Etrex tiene la capacidad de guardar 10 rutas con cerca de 3.000 puntos sucesivos (suficientes para cualquier trekking, subida de un cerro, 4x4, navegación, etc.) si estas ocupando toda la memoria de tu Etrex puedes descargar tus track a la PC o simplemente borrarlas con el comando "delete". (Aloy, 2005)

**Ajustar:** Aquí podremos acceder al Setup del GPS modificar la zona horaria, establecer las unidades de medidas (Km., Mi, Pies Etc.), elegir el Datum en que deseamos obtener nuestra posición, que tendrá mucho que ver con el Datum de la carta topográfica que tengamos en el momento, en Nicaragua se usa el Datum NAD27, pero si no se está usando un mapa topográfico como apoyo de tu salida

es recomendable utilizar el Datum universal que es el **WSG84** para simplificar el uso del GPS. (Aloy, 2005)

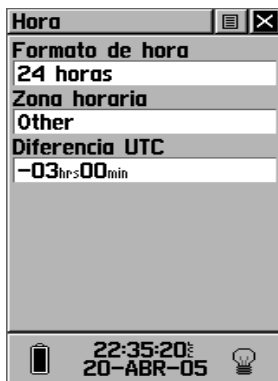


### 3.8.3.2 Ajuste del GPS

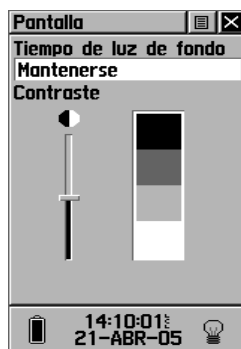
Antes de utilizar nuestro GPS es importante revisar la configuración del Setup de nuestro equipo. Empezando por el nivel de carga de nuestras pilas, información que aparece en la pantalla Menú de nuestro navegador en el costado izquierdo inferior, después de eso debemos pasar a configurar las distintas opciones de nuestro GPS. (Aloy, 2005)



**1. Hora:** En esta parte puedes cambiar el formato de hora que desees, 12 hrs. o 24 hrs. Para configurar nuestro GPS a nuestra zona horaria debemos cambiar la zona horaria (ver imagen) a **other** y nuestra diferencia UTC será **- 03:00** o **- 04:00** dependiendo del cambio de horario al cual estemos regidos (invierno o verano). (Aloy, 2005)



**2. Pantalla:** Con los botones up & down luego de un “Enter” podemos elegir el contraste de la pantalla que más se acomode y también modificar el tiempo de la luz de fondo



**3. Unidades:** Es la parte de la configuración más importante del GPS:

**4. Formato de Posición:** Es decir en qué modo o forma queremos que el GPS muestre nuestras coordenadas, la más recomendable (por ser fácil de entender y leer), son los grados°, minutos', y segundos" (hddd°mm'ss.s") y sus derivaciones: minutos decimales (dd°mm.mm) y grados decimales (hddd°ddddd°)

**5. Datos de Mapa:** La segunda opción es Dato del Mapa en que queremos que nuestro GPS nos entregue las coordenadas. Al utilizar el GPS con una carta topográfica, obtener un punto o traspasar una coordenada de nuestra carta al GPS, debemos tener en cuenta en que Datum estamos trabajando. El sistema de referencias usado por INETER se basa en la rejilla de los mapas topográficos 1/50,000 (NAD27 CENTRAL).

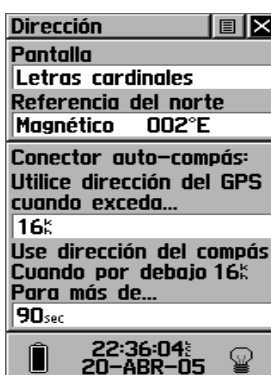
Es importante saber que el GPS trabaja internamente en el Datum **WGS84** para enviar y transferir la información a nuestra PC, al cambiar el Datum lo que hace

nuestro GPS es transformar las coordenadas en WGS84 al Dato de Mapa elegido, en Nicaragua se usa el Datum NAD27.

Las unidades de medidas serán programadas en métricas.

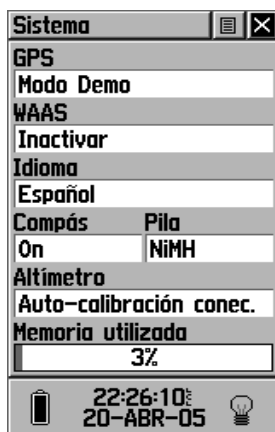


En cuanto al norte referencial, es recomendable utilizar el norte “magnético”, ya que es igual a que si estuviéramos utilizando una brújula (**Pantalla “Ajustar Menú” Icono “Dirección”**).




**6. Interface:** A través de esta pantalla podemos elegir el formato en el cual el GPS transmitirá la información a la PC, Notebook o Pocket PC. Para uso general hay que elegir el formato Garmin, compatible con todos los programas que permiten transferir información. Si la idea es realizar un moving map, con el GPS conectado este a una notebook o pocket PC, se deberá seleccionar el formato NMEA OTU, la cual transfiere información en forma continua. (Aloy, 2005)

**7. Sistema:** Aquí se podrá seleccionar el modo de empleo de nuestro GPS. Modo Normal (sin ahorro de batería), Modo Demo (demostración para uso en interiores) y Ahorro de Baterías (permite que el GPS se apague automáticamente luego de un periodo sin utilizar). También en esta pantalla, se podrá observar información referida a la versión del software del GPS. Las actualizaciones periódicas de nuestro GPS se pueden descargar del siguiente sitio



### 3.8.4 Procedimiento para la creación de una ruta para la medición de una parcela pequeña.

1. Prender el GPS y revisar los "4 elementos cruciales".
2. Esperar hasta que el GPS logre buena señal.
3. Marcar un punto seleccionando 
4. Dar un nombre explícito al punto: seleccionar con las flechas 001 y escribir letra por letra el nombre que queremos dar al punto.
5. Incluir el punto en una misma ruta, por ejemplo la ruta 1 que desde este momento se va a utilizar únicamente para la finca de don Carlos.
6. Validar con el modo "MEDIA" para tener más precisión.
7. Guardar el punto en la memoria del GPS.
8. Seguir el mismo procedimiento para los puntos restantes.

**Ruta:** Está constituida por una sucesión de puntos, que al ser unidos entre sí, forman un trayecto, por ejemplo el contorno de una parcela.

**Ejemplo:** Si se trata de la finca de don Carlos, se puede dar como nombres a los 6 puntos C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

#### 3.8.4.1 Delimitación de parcelas pequeñas con el modo "ruta".

En caso de que queramos hacer la delimitación y la medición de una parcela pequeña, podemos utilizar el modo "ruta".

Para eso, vamos a levantar como puntos de referencia *los lugares donde se cambia el rumbo*. Por ejemplo, en una parcela como la que sigue, vamos a necesitar levantar 6 puntos en total.

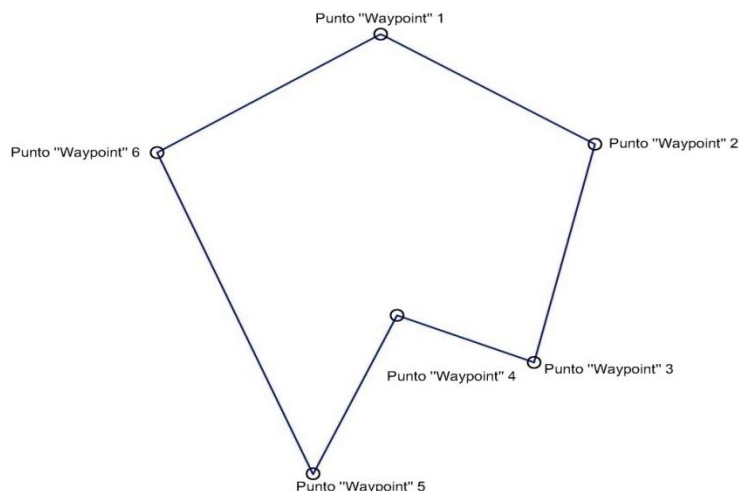
El método que vamos a utilizar es el mismo que para el levantamiento de puntos individuales, como lo hemos visto en el ejemplo precedente

Lo único que cambia es que vamos a inscribir cada punto en una misma ruta.

Este método es más adecuado para parcelas de forma geométrica simple, porque el GPS puede grabar un máximo de 30 puntos en una misma ruta.

#### Ejemplo: La parcela de don Carlos

**Figura # 4: Poligonal levantada por medio del GPS.**



La ruta, una vez completa o sea cerrada, representa los límites de la parcela entera.



### **3.8.5 Delimitación de parcelas de formas geométricas más complejas con el modo "recorrido".**

Si queremos medir una parcela de forma geométrica más compleja donde vamos a necesitar más de 30 puntos, es mejor de hacerlo con el modo "RECORRIDO" del GPS.

Este modo tiene dos ventajas:

- Permite hacer mediciones de áreas muy grandes.
- Es la manera más sencilla y rápida para hacer mediciones de parcelas con el GPS.

#### **3.8.5.1 Procedimiento para utilizar la función "Track" o recorrido**

##### **3.8.5.2 Grabación de un recorrido.**

1. Prender el GPS y revisar los "4 elementos esenciales".
2. Esperar hasta que el GPS logre buena señal.
3. Ir a la página de MAPA.
4. Seleccionar con la flecha el menú "OPCIÓN" y validar
5. Seleccionar con la flecha la opción "AJUSTE TRACK".
6. Seleccionar el modo "AUTOMÁTICO" para que el GPS tome puntos de manera automática según como él "siente" los cambios de rumbo durante nuestro recorrido.
7. Para iniciar el recorrido seleccionar el modo "WRAP".
8. Empezar el recorrido inmediatamente.
9. Para detener el recorrido, cuando llegamos al punto de donde habíamos salido, seleccionar el modo "OFF".

Con la función "Track", el GPS graba automáticamente una sucesión de puntos que muestran el recorrido realizado.

Seleccionar la página de MAPA.  
En la página del MAPA seleccionar "OP





Seleccionar el modo "AUTO".

En el modo "WRAP" el recorrido es grabado continuamente hasta que la memoria del GPS se llene. El límite es de 1,024 puntos. Luego, los datos más recientes reemplazan a los más antiguos.

Una vez cerrado el recorrido, el GPS puede calcular inmediatamente una estimación del área en metros cuadrados.

Para borrar el recorrido y poder empezar un nuevo hay que borrar todos los puntos, con "BORRAR CONTA".

### **3.8.6 Cómo respaldar la información del GPS con la PC.**

En esta parte se presentará algunos programas que ofrecen la posibilidad de intercambiar la información entre diferentes equipos GPS y con otros usuarios. Además, una vez trasferidos los datos en la PC, es posible gestionarlos, editarlos y modificarlos. A la vez visualizar nuestros waypoint y track en pantalla, utilizando de "fondo" cartografía en formato digital.

Cabe destacar, que la finalidad de este apartado no es "enseñar" a utilizar los programas, ya que esto de por si significa un bloque aparte. Pero si, que sepamos que existen, los podemos "bajar" a nuestra PC y animarnos a operarlos.

**Arc View GIS:** Se puede construir los mapas dinámicos e inteligentes que permiten a visualizar patrones, tendencias y singularidades en sus datos. Este programa incluye formas fáciles de levantar mapas, formatos predefinidos de mapas y una librería de elementos extensa, que permiten elaborar mapas de calidad rápidos y como el usuario desee.

### **3.9 Metodología para la elaboración de un informe técnico**

#### **1 Datos generales**

- 1.1. Título de la práctica
- 1.2. Nombre y número de carnet del estudiante
- 1.3. Grupo de teoría y práctica
- 1.4. Profesor de teoría y práctica
- 1.5. Fecha de realización y entrega de la práctica

#### **2. Introducción**

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Antecedentes Históricos (si los hay)
- 2.3 Importancia de la práctica
- 2.4 Aspectos Generales

#### **3. Desarrollo del campo**

- 3.1 Composición de la cuadrilla
- 3.2 Equipo empleado en el trabajo

- 3.3 explicación paso a paso del trabajo de campo realizado
- 3.4 Resumen de datos levantados

#### **4. Cálculos**

- 4.1 Métodos y fórmulas a utilizarse
- 4.2 Cálculos matemáticos
- 4.3 Resultados

#### **5. Conclusión**

- 5.1 Interpretación de los resultados
- 5.2 Recomendaciones

#### **6. Anexos**

- 6.1 Gráficos
- 6.2 Índice

#### **7. Referencias bibliográficas**

### **Informe técnico**

Es un documento formal que contempla una memoria descriptiva, una memoria de campo, la presentación de sus respectivos planos topográficos, conclusiones y recomendaciones. Además la bibliografía utilizada para su debida documentación.

#### **Pasos a seguir para la elaboración de un informe técnico**

##### **1. Datos generales (Portada)**

Consiste en el debido y obligatorio rotulado de todo informe y libreta de campo, lo cual implica la identificación de dicho proyecto o área de trabajo.

##### **2. Introducción**

Este debe contener en primera instancia la ubicación del área de trabajo; así como la hora en que fue realizada la práctica. A continuación de esto una breve explicación del trabajo a realizar especificando el método a emplear utilizando para ello un lenguaje técnico adecuado al tipo de trabajo y de acuerdo a los conocimientos adquiridos durante la clase práctica.

## **2.1. Objetivos:**

Estos son específicos y deben ser presentados por el instructor.

## **2.2. Antecedentes históricos**

Breve reseña histórica sobre la manera en que se realizaba anteriormente dicho trabajo y los adelantos que esta técnica ha alcanzado hasta el día de hoy.

## **2.3. Importancia de la práctica**

El estudiante debe enmarcar dicha técnica dentro del marco global de su carrera viendo como base fundamental la Topografía.

## **2.4. Aspectos generales**

Contiene aspectos relacionados con la teoría y la práctica de los cuales serán investigados por los estudiantes.

# **3. Desarrollo de campo**

## **3.1. Composición de la cuadrilla de campo**

Se debe establecer la función que realiza cada integrante del grupo durante la realización del trabajo de campo.

## **3.2. Equipo empleado**

**3.3.** Listado del equipo llevado al campo para la realización del trabajo.

## **3.4. Explicación por paso del trabajo realizado**

Consiste en la descripción del trabajo de campo realizado, de manera tal que cualquier persona aun sin conocimiento vasto sobre el tema, sea capaz de tomar estas descripciones y reelaborar este procedimiento teniendo como guía esta explicación. Los procedimientos deben estar relacionados con los gráficos.

## **3.5. Resumen de los datos**

Debe plasmarse de una manera legible, ordenada y precisa todos los datos necesarios para la obtención de la información requerida sobre determinada área de trabajo, de la presentación y recopilación de esta información dependen los resultados del trabajo de gabinete y los planes finales.

#### **4. Cálculos**

##### **4.1.1. Métodos y fórmulas a utilizarse**

Se especifica el fundamento de los métodos de gabinete a emplearse y las fórmulas respectivas, según sea la situación en que los datos de campo han sido recopilados.

##### **4.2. Cálculos matemáticos**

Observa las operaciones realizadas aplicando los métodos especificados en el inciso anterior.

##### **4.3. Resultados**

Se plasma en una tabla de registros finales en donde se deben observar los resultados obtenidos después de procesada la información de campo mediante el trabajo de gabinete.

#### **5. Conclusiones**

##### **5.1. Interpretación de los resultados**

Consiste en la interpretación de los resultados mediante un análisis de acuerdo a la precisión obtenida, en el cual se utilizaron determinados métodos de campo de gabinete, además de analizar el grado de dificultad con respecto a otros métodos empleados con anterioridad o en la actualidad para el mismo fin.

##### **5.2. Recomendaciones**

Con respecto a la metodología empleada al impartir la práctica y la organización en sí.

#### **6. Anexos**

Consiste en la presentación del plano topográfico dibujado a escala que debe contener de manera específica la información recabada en el campo, además este debe presentar su debida ubicación dentro de la zona de trabajo haciendo uso de las asignaturas precedentes de Dibujo y Geometría descriptiva.

## 7. Bibliografía

Se recomienda escribir en forma ordenada los títulos de las obras consultadas, su autor, editorial y fecha de edición.

## CAPITULO IV: DIBUJO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO

### 4.1 RUMBOS Y COORDENADAS

Antes de hablar de rumbo y coordenadas es necesario definir lo que es un meridiano.

#### 4.1.1 Meridiano

Es cualquiera de los círculos máximos de la esfera terrestre que pasan por los dos polos.

El diccionario Pequeño LARROUSSE nos lo define así:

**Meridano:** Relativo al mediodía, altura meridiana, altura sobre un astro sobre el horizonte cuando pasa `por el meridiano. Grog.- círculo máximo que pasa por los polos y divide el globo terrestre en dos hemisferios. Semicírculo que va de polo a polo. Geom. – plano que pasa por una superficie de revolución.

**El meridiano que pasa por los polos del globo y los divide en dos hemisferios:** Oriental y Occidental, y se llama así porque cuando pasa el sol por él, son las doce del día para todos los puntos que atraviesa el hemisferio iluminado, en cambio en el otro hemisferio son las doce de la media noche.

Los meridianos de referencia para la medición de la dirección u orientación en planta de un alineamiento en topografía pueden ser de varios tipos: verdaderos, magnéticos y arbitrarios:

**4.1.1.1 Meridiano geográfico verdadero:** Es una línea orientada a lo largo de los polos geográficos de la tierra y se determinan mediante observaciones astronómicas. Estos meridianos tienen permanentemente una orientación constante o fija.

**4.1.1.2 Meridianos magnéticos:** Son líneas orientadas en la dirección de los polos magnéticos de la tierra y es la dirección que da la brújula. La orientación de estas líneas no es constante debido a que el polo norte magnético no tiene posición fija y se va desplazando lentamente a través del tiempo. El meridiano magnético sufre diferentes tipos de variaciones: Seculares (cada 300 años), anuales, diarias, irregulares y lunares. Las direcciones magnéticas son los que se determinan con ayuda de una brújula.

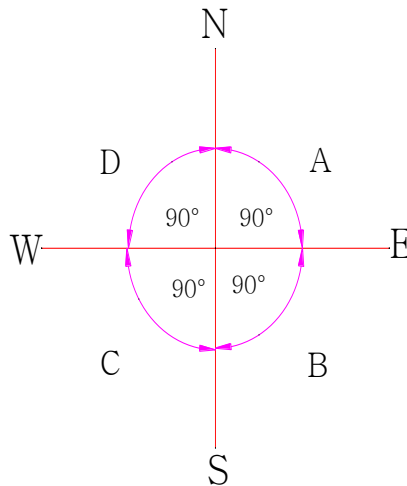
**4.1.1.3 Meridiano arbitrario o convencional:** Cuando en un levantamiento topográfico no se tiene la orientación de ninguno de los anteriores meridianos y el trabajo a realizar no lo exigen, se puede adoptar cualquier línea como referencia para la medición todas las direcciones de las líneas que sean necesarias para hacer el levantamiento topográfico respectivo. El meridiano de referencia arbitrario puede ser la línea del punto inicial a una torre, un árbol o a cualquier otro detalle que se pueda materializar fácilmente en el campo.

#### **4.1.2 Rumbo**

El rumbo de una línea es un ángulo horizontal agudo ( $<90^\circ$ ) que forma con un meridiano de referencia, generalmente se toma como tal una línea Norte- Sur que pueda estar definida por el N geográfico o el N magnético (si no se dispone la información sobre ninguno de los dos suele trabajar con un meridiano o línea de Norte arbitraria)

**Figura # 5: Cuadrantes norte, sur, este y oeste.**





- Todos los rumbos comprendidos o ubicados en el cuadrante A, se definirá como Norestes.
- Todos los rumbos comprendidos o ubicados en el cuadrante B, se definirá como Surestes.
- Todos los rumbos comprendidos o ubicados en el cuadrante C, se definirá como Suroestes.
- Todos los rumbos comprendidos o ubicados en el cuadrante D, se definirá como Noroestes.

Si la alineación es paralela al meridiano y está dirigida al Norte o al Sur se indica  $NO^0$  y/o  $SO^0$  Norte y Sur verdadero y si es perpendicular al meridiano y está dirigido al Este o al Oeste se indica  $N90^0E$  y/o  $N90^0W$  o bien Este u Oeste verdadero.

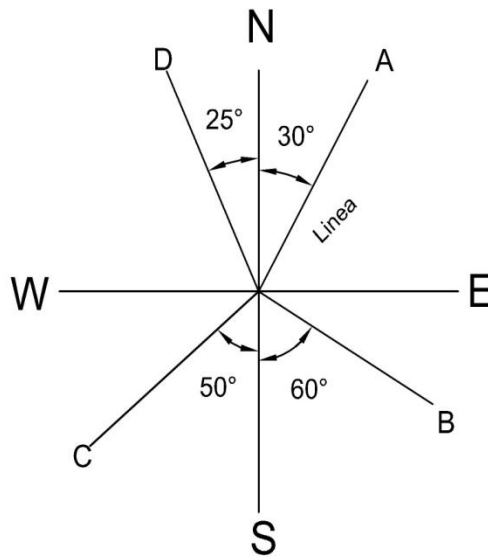
En el inciso 4.1.1 se dijo que los meridianos pueden ser verdaderos, magnéticos y arbitrarios, esta misma clasificación se mantiene para los Rumbos, dependiendo de los meridianos de referencia.

En otras palabras los Rumbos pueden ser: verdaderos, magnético y arbitrarios, dependiendo de que el meridiano de referencia sea verdaderos, magnético o arbitrarios.

### Ejemplos numéricos

#### Ejemplo A

**Figura # 6: Encontrar el rumbo en cada una de las líneas**



En la figura A la línea NS, representa el meridiano (que puede ser; verdaderos, magnético o arbitrarios) y las líneas OA, OB, OC y OD, son alineadas cuya orientación o rumbo se quiere conocer:

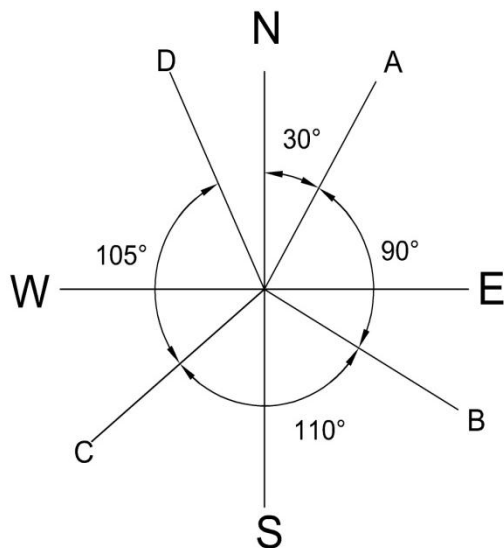
**Línea OA:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE y forma un ángulo de  $30^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, por lo tanto el cuadrante de esta orientación OA se lee Norte 30 grados Este y se representa  $N30^\circ E$ .

**Línea OB:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y forma un ángulo de  $60^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, el cuadrante de esta orientación OB se lee SUR 60 grados Este y se representa  $S60^\circ E$ .

**Línea OC:** Se encuentra en el cuadrante SUROESTE y forma un ángulo de  $50^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, el cuadrante de esta orientación OC se lee SUR 50 grados Oeste y se representa  $S50^\circ W$ .

**Línea OD:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE y forma un ángulo de  $25^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, el cuadrante de esta orientación OD se lee NORTE 25 grados Oeste y se representa  $N25^\circ W$ .

**Figura # 7: Encontrar el rumbo en cada una de las líneas**



En la figura B. La línea NS, se representa un meridiano (que puede ser: verdaderos, magnético o arbitrarios) y las líneas OA, OB, OC y OD, son alineadas cuya orientación o rumbo se quiere conocer:

**Línea OA:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE y forma un ángulo de  $30^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, por lo tanto el cuadrante de esta orientación OA se lee Norte 30 grados Este y se representa  $N30^\circ E$ .

**Línea OB:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y conociendo la orientación de la línea OA  $N30^\circ E$ , y los ángulos  $AOB = 90^\circ$  y  $NOE = 180^\circ$  se tiene:

**Figura # 8: Línea AB**

$$NOS = NOA + AOB + BOS$$

Siendo BOS el ángulo que se quiere conocer.

Sustituyendo los valores:

$$NOS = 180^\circ$$

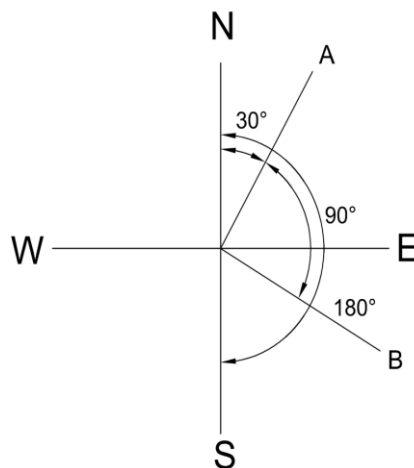
$$NOA = 30^\circ$$

$$AOB = 90^\circ$$

$$BOS = ?$$

$$30^\circ + 90^\circ + BOS = 180^\circ + BOS$$

$$\text{Despejando } BOS = 180^\circ - 120^\circ = 60^\circ$$



Se tiene:

**Línea OB:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y forma un ángulo de  $60^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces el cuadrante de esta orientación OB se lee Sur 60 grados Este y se representa  $S60^\circ E$ .

**Línea OC:** Se encuentra en el cuadrante SUROESTE y conociendo la orientación de la línea  $OB = S60^\circ E$ , y los ángulos  $BOC = 110^\circ$  se tiene:

$$BOC = BOS + SOC$$

Siendo SOC el ángulo que se quiere conocer sustituyendo los valores:

**Figura # 9: Línea BC**

$$BOC = 180^\circ$$

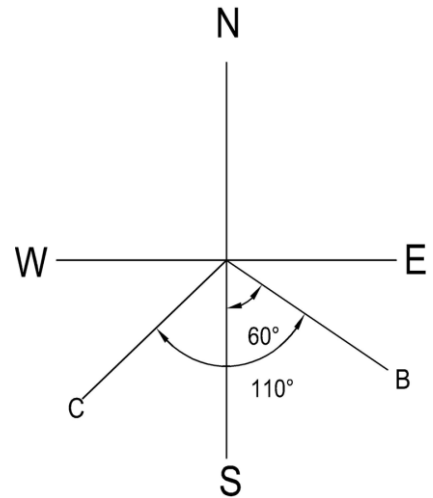
$$BOS = 60^\circ$$

$$SOC = ?$$

$$110^\circ = 60^\circ + SOC$$

$$\text{Despejando } SOC = 110^\circ - 60^\circ = 50^\circ$$

Entonces se dice:



**Línea OC:** Se encuentra en el cuadrante SUROESTE y forma un ángulo de  $50^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces el cuadrante de esta orientación OC se lee SUR 50 grados Oeste y se representa  $S50^\circ W$ .

**Línea OD:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE y conociendo la orientación de la línea  $OC = S50^\circ W$  y los ángulos  $OCD = 105^\circ$  Y  $SON = 180^\circ$  se tiene:

**Figura # 10: Línea CD**

$$\text{SON} = \text{SOC} + \text{COD} + \text{DON}$$

Siendo  $\overline{DON}$  el ángulo que se quiere conocer.

Sustituyendo los valores:

$$\text{SON} = 180^\circ$$

$$\text{SOC} = 50^\circ$$

$$\text{CON} = 105^\circ$$

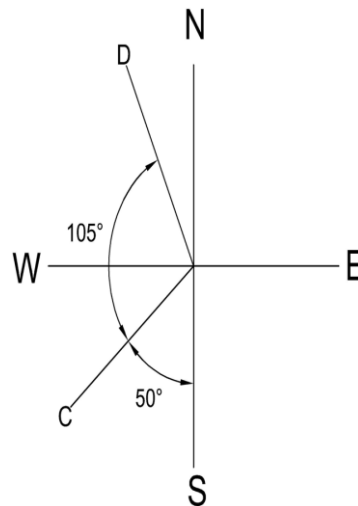
$$\text{DON} = ?$$

$$180^\circ = 50^\circ + 105^\circ + \text{DON} = 155^\circ + \text{DON}$$

$$\text{Despejando } \text{DON} = 180^\circ + -155^\circ = 25^\circ$$

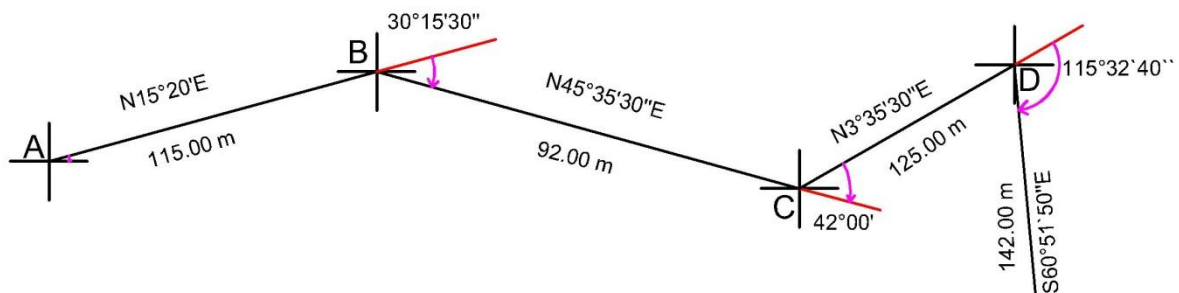
Entonces se dice:

**Línea OD:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE y forma un ángulo de  $25^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces el cuadrante de esta orientación OD se lee NORTE 25 grados Oeste y se representa  $N25^\circ W$ .



**Figura # 11: Poligonal abierta donde se quiere conocer las orientaciones de cada una de las líneas**

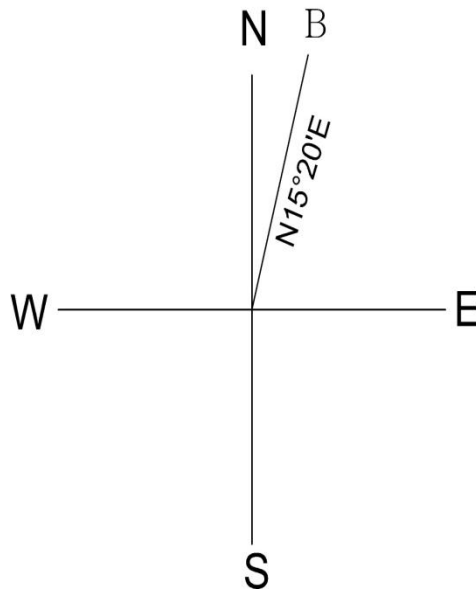
### Ejemplo C



En la figura C, se muestra una poligonal abierta donde se muestra el rumbo inicial de la línea AB, y las deflexiones y se necesita conocer las orientaciones de las líneas BC, CD y DE.

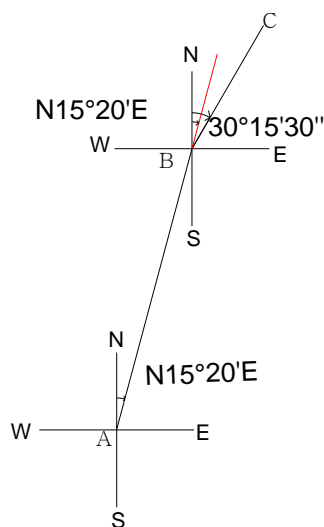
El proceso es igual a los ejemplos anteriores.

**Figura # 12: Línea AB de la poligonal abierta**



**Línea AB:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, forma un ángulo de  $15^{\circ}20'$  con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación AB se lee NORTE 15 grados 20 minutos Este y se representa  $S15^{\circ}20'E$ .

**Figura # 13: Línea BC de la poligonal abierta**

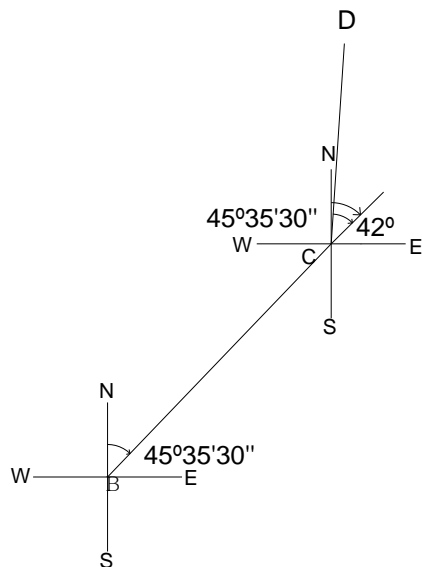


**Línea BC:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, y conociendo la orientación de la línea AB = S15°20'E y la deflexión derecha del punto B = 30°15'30" tenemos:

Ángulos formados por la línea BC y el meridiano de este cuadrante = 15°20' + 30°15'30" = 45°35'30" Entonces se dice que:

**Línea BC:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, forma un ángulo de 45°35'30" con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación BC se lee NORTE 45 grados 35 minutos 30 segundos Este y se representa N45°35' 30"E.

**Figura # 14: Línea CD de la poligonal abierta**



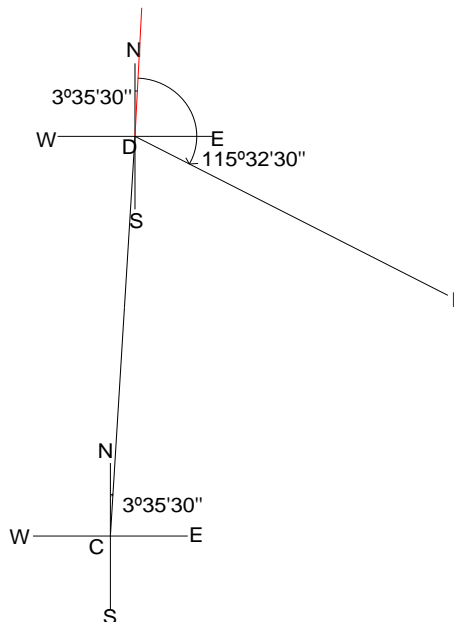
**Línea CD:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, y conociendo la orientación de la línea BC = N45°35'30"E y la deflexión izquierda del punto C = 40° se tiene:

Ángulos formado por la línea CD y el meridiano de este cuadrante = 45°35' 30" - 42° = 3°35' 30".

Entonces se dice.

**Línea CD:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, forma un ángulo de 3°35' 30" con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación CD se lee NORTE 3 grados 35 minutos 30 segundos Este y se representa N 3°35' 30"E

**Figura # 15: Línea DE la poligonal abierta**



**Línea DE:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE, y conociendo la orientación de la línea CD = N 3°35'30"E y la deflexión derecha = 115°32'40" se tiene:

Ángulos formado por la línea DE y el meridiano de este cuadrante =  $180^\circ - (3^\circ 35' 30'' + 115^\circ 32' 40'') = 180^\circ - 118^\circ 67' 70'' = 180^\circ - 119^\circ 08' 10'' = 179^\circ 59' 60'' - 119^\circ 08' 10'' = 60^\circ 51' 50''$

Entonces se dice:

**Línea DE:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE, forma un ángulo de 60°51'50" con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación DE se lee SUR 60 grados 51 minutos 50 segundos Este y se representa S 60°51'50" E.

### Resultado final

**LINEA AB** = S15°20' 00"E.

**LINEA BC** = N45°35' 30"E

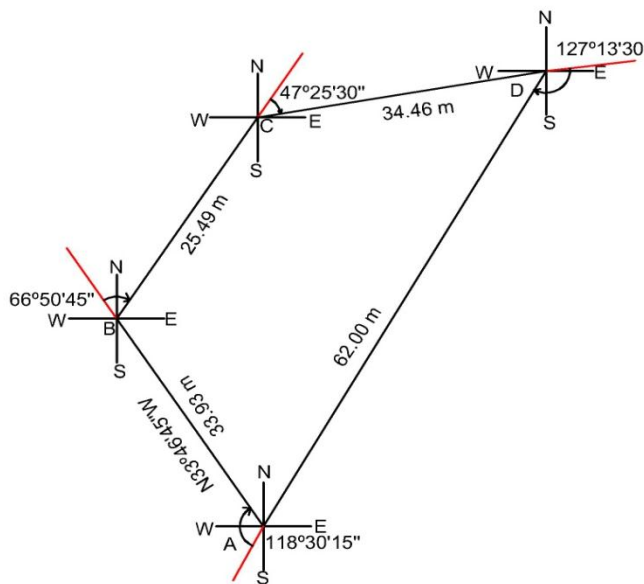
**LINEA CD** = N 3°35' 30"E

**LINEA DE** = S 60°51'50" E



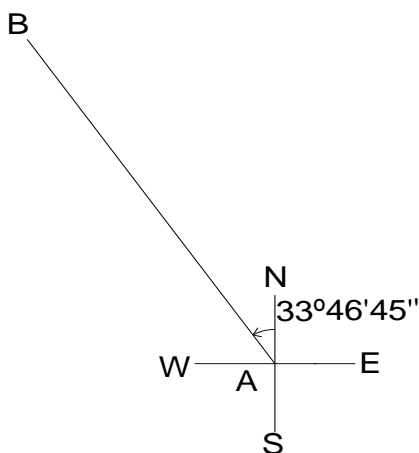
### Ejemplo D

**Figura # 16: encontrar la orientación de cada una de las líneas de la poligonal cerrada**



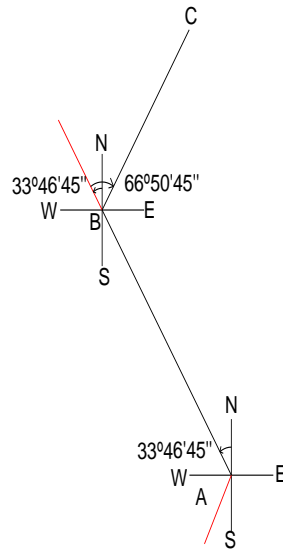
En la figura D se muestra una poligonal cerrada, donde es conocido el rumbo inicial de la línea AB y las deflexiones y se necesita conocer las orientaciones de las líneas BC, CD y DA y además comprobar el rumbo de la línea AB.

**Figura # 17: Línea AB de la poligonal cerrada**



**Línea AB:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE, forma un ángulo de  $33^{\circ} 46' 45''$  con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación AB se lee NORTE 33 grados 46 minutos 45 segundos Oeste y se representa  $N 33^{\circ} 46' 45'' W$ .

**Figura # 18: Línea BC de la poligonal cerrada**



**Línea BC:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, y conociendo la orientación de la línea AB = N33°46'45''W y la deflexión derecha = 66°50'45'' se tiene:

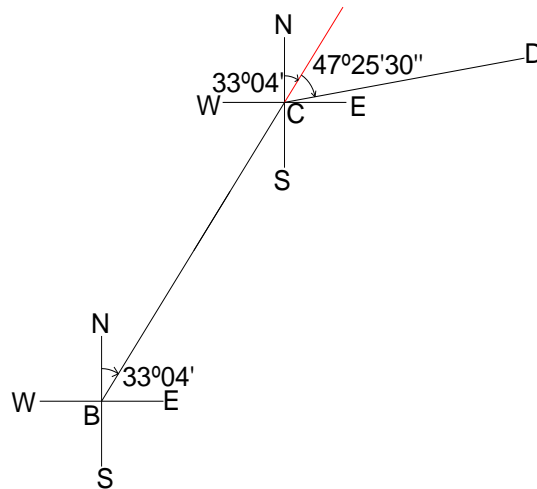
Ángulos formado por la línea BC y el meridiano de este cuadrante =

$$66^{\circ}50'45'' - 33^{\circ}46'45'' = 33^{\circ}04'00''$$

Entonces se dice:

**Línea BC:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, forma un ángulo de 33°04'00'' con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación BC se lee NORTE 33 grados 04 minutos 0 segundos Este y se representa N33°04' 00'' E

**Figura # 19: Línea CD de la poligonal cerrada**

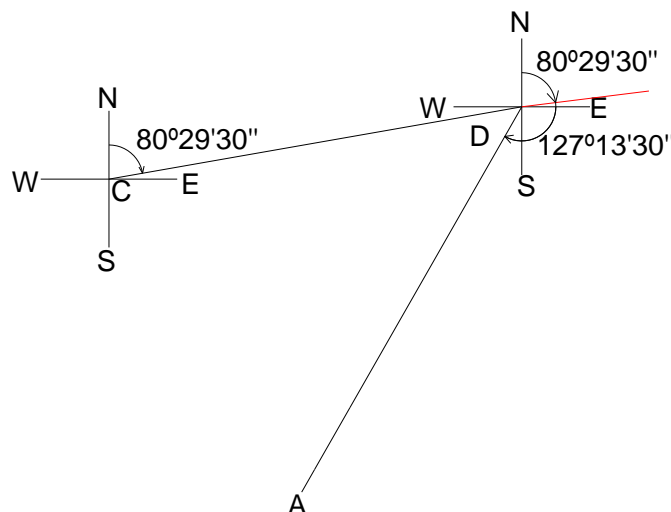


**Línea CD:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, y conociendo la orientación de la línea BC = N33°04' 00''E y la deflexión izquierda del punto C = 47°25'30''. Tenemos:

Ángulos formado por la línea CD y el meridiano de este cuadrante =  $33^{\circ}04' 00'' + 47^{\circ}25' 30'' = 80^{\circ}29' 30''$

**Línea CD:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE, forma un ángulo de  $80^{\circ}29' 30''$  con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación CD se lee NORTE 80 grados 29 minutos 30 segundos Este y se representa N 80°29' 30''E.

**Figura # 20: Línea DA de la poligonal cerrada**

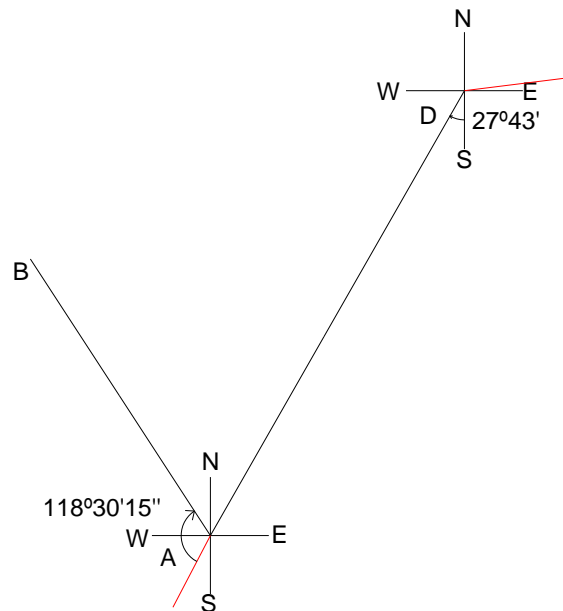


**Línea DA:** Se encuentra en el cuadrante SUROESTE, y conociendo la orientación de la línea CD = N 80°29' 30'' E y la deflexión derecha = 127°13'30'' Se tiene:

Ángulos formado por la línea DA y el meridiano de este cuadrante =  $(127^{\circ} 13' 30'' + 80^{\circ}29'30'') - 180^{\circ} = 207^{\circ}42'60'' - 180^{\circ} = 207^{\circ}43'00'' - 180^{\circ} 00' = 27^{\circ} 43'00''$

**Línea DA:** Se encuentra en el cuadrante SUROESTE, forma un ángulo de 27°43'00'' con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación DA se lee SUR 27 grados 43 minutos 0 segundos Oeste y se representa S 27°43'00'' W.

**Figura # 21: Comprobación de línea AB de la poligonal cerrada**



**Línea AB:** (comprobación) Se encuentra en el cuadrante NOROESTE y conociendo la orientación de la línea DA = S27°43' 00'' W y la deflexión derecha = 118°30'15''.

Se tiene:

Ángulos formado por la línea AB y el meridiano de este cuadrante =  $180^{\circ} - (118^{\circ}30'15'' + 27^{\circ}43'00'') = 180^{\circ} - 145^{\circ}73'15'' = 180^{\circ} - 146^{\circ}13'15'' = 179^{\circ} 59'60'' - 146^{\circ}13'15'' = 33^{\circ}46'45''$ .

**Línea AB:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE, forma un ángulo de 33°46'45'' con el meridiano de este cuadrante, entonces la orientación AB se lee

NORTE 33 grados 46 minutos 45 segundos Oeste y se representa N 33°46'45'' W.

### **Resultado final**

**LINEA AB** N33°46' 45''W.

**LINEA BC** N33°04' 00''E

**LINEA CD** N 80°29' 30''E

**LINEA DA** S 27°43'00'' E

**Observación:** Cuando se trabaje con ángulos expresados en grados, minutos y segundos, las operaciones aritméticas deben de hacerse grados con grados, minutos con minutos y segundos con segundos o bien convertir todo a grados decimales y luego transformarlos a grados, minutos, segundos.

#### **4.1.3 ACIMUTES**

Algunos ingenieros y topógrafos prefieren trabajar con acimutes, es por esta razón se considera conveniente hablar de ellos.

**Azimut:** Es una lineación, es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir de un meridiano de referencia. Lo más usual es medir el azimut desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario), pero a veces se usa el Sur meridiano como referencia.

Los azimut varían desde 0° grados a 360° grados y no se refiere indicar el cuadrante que ocupa la línea observadora.

En las observaciones astronómicas se acostumbra medir los acimutes desde el sur verdadero pero algunos topógrafos miden los acimutes desde el Norte, con referencia a meridianos verdaderos, magnéticos o convencionales.

De la misma manera que los rumbos y los meridianos, los acimutes pueden ser verdaderos o astronómicos, magnéticos y/o convencionales dependiendo del meridiano de referencia.

Los ángulos que determinan los acimutes están comprendidos entre 0° y 360° (cero y trescientos sesenta grados,  $0^\circ \leq \angle \leq 360^\circ$ )

## Ejemplos de acimutes

**Figura # 22: Acimutes indicados desde el punto Sur**

### Ejemplo A'

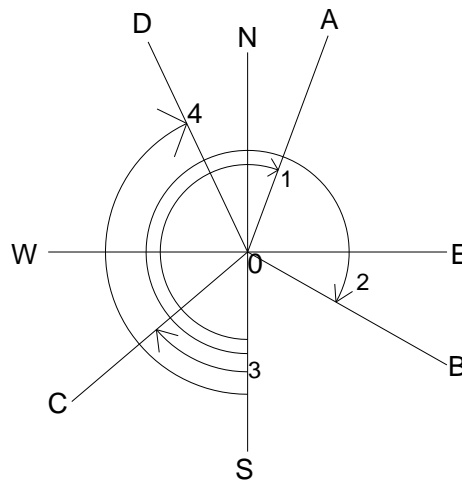
Figura A1

$$SOA = \angle_1 = 210^\circ$$

$$SOB = \angle_2 = 300^\circ$$

$$SOC = \angle_3 = 50^\circ$$

$$SOD = \angle_4 = 155^\circ$$



En la figura **A'**, los acimutes se indican desde el punto sur y son:  $OA = 210^\circ$ ,  $OB = 300^\circ$ ,  $CD = 50^\circ$  y  $OD = 155^\circ$ .

En la figura **A2**, los acimutes de las mismas líneas se indican desde el punto norte y son:

$$OA = 30^\circ, OB = 120^\circ, OC = 230^\circ \text{ y } OD = 335^\circ$$

**Figura # 23: Acimutes indicados desde el punto Norte**

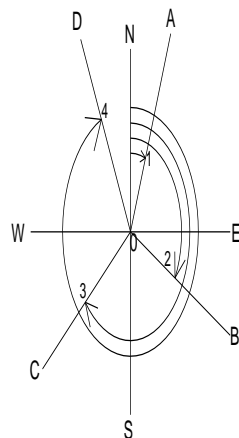
### Figura A<sub>2</sub>

$$NOA = \angle_1 = 30^\circ$$

$$NOB = \angle_2 = 120^\circ$$

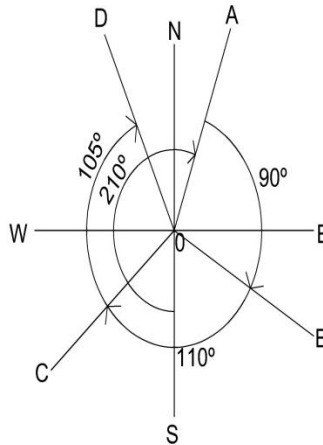
$$NOC = \angle_3 = 230^\circ$$

$$NOD = \angle_4 = 335^\circ$$



### Ejemplo B<sub>1</sub>

**Figura # 24: Conocer los acimutes de las líneas OB, OC y OD**



En la figura B<sub>1</sub>, si se conoce el acimut OA a contado desde Sur = 210° y además se conocen los ángulos AOB=90°, BOC=110° y COD=105°, y se quieren conocerlos acimutes de: OB, OC y OD.

**Acimute OB** =  $210^\circ + 90^\circ = 300^\circ$

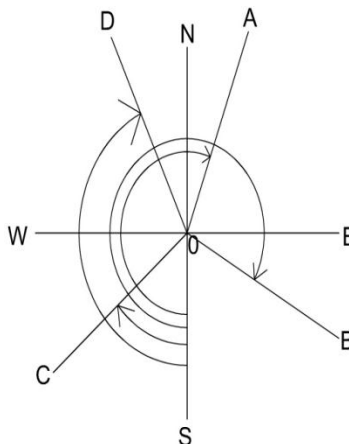
**Acimute OC** =  $(300^\circ + 110^\circ) - 360^\circ = 50^\circ$

**Acimute OD** =  $50^\circ + 105^\circ = 155^\circ$

### Ejemplo C<sub>1</sub>

Si se tiene acimutes conocidos, se puede deducir los rumbos y viceversa, siempre es aconsejable hacer uso de gráficos. Por ejemplo la figura C<sub>1</sub> muestra los acimutes, desde el sur de las líneas OA, OB, OC Y OD y vamos a encontrar los rumbos.

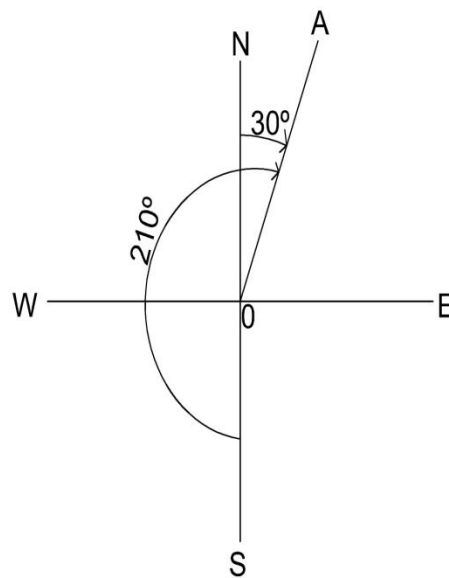
**Figura # 25: Conocer los rumbos de las líneas OA, OB, OC y OD**



Si identificamos el cuadrante de partida cuando los acimutes son medidos desde el Sur, nos damos cuenta que este siempre es el cuadrante SUROESTE y que todos los ángulos comprendidos entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  tienen orientación suroeste, los comprendidos entre  $90^\circ$  y  $180^\circ$  tienen orientación entre  $180^\circ$  y  $270^\circ$  que tienen orientación noreste, y los ángulos cuyos valores varían entre  $270^\circ$  y  $360^\circ$  que tienen orientación SURESTE.

**Línea OA:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE y conociendo el acimut =  $210^\circ$  se tiene: ángulo formado por la línea OA y el meridiano de este cuadrante =  $210^\circ - 180^\circ = 30^\circ$

**Figura # 26: Rumbos de las líneas OA**



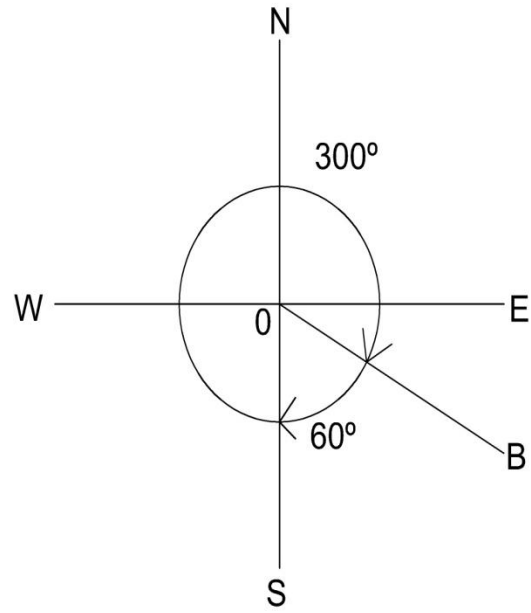
**Línea OA:** Se encuentra en el cuadrante NORESTE forma un ángulo de  $30^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces en la orientación OA se lee NORTE 30 grados Este y se representa N $30^\circ$ E

**Línea OB:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y conociendo el acimut =  $300^\circ$  se tiene:

Ángulo formado por la línea OB y el meridiano de este cuadrante =  $360^\circ - 330^\circ = 60^\circ$

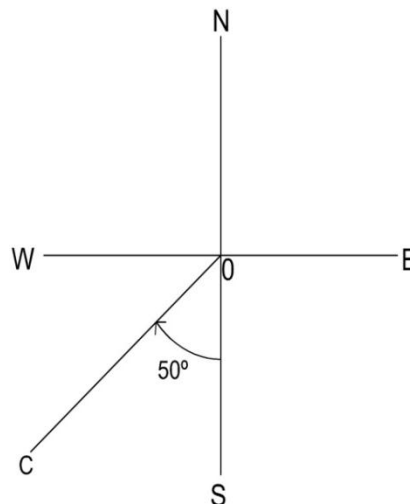


**Figura # 27: Rumbos de las líneas OB**



**Línea OB:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y forma un ángulo de  $60^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces en la orientación OB se lee SUR 60 grados Este y se representa  $S60^\circ E$ .

**Figura # 28: Rumbos de las líneas OC**

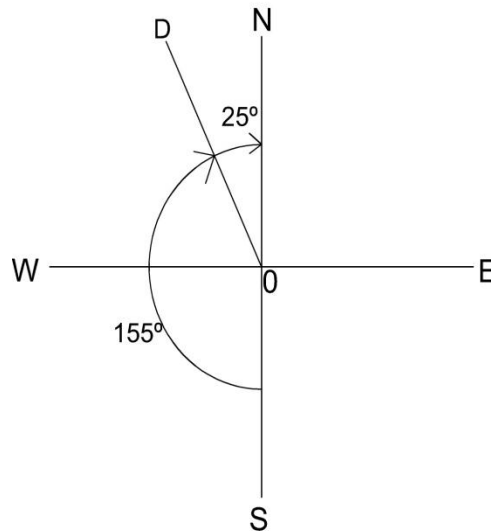


**Línea OC:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE y conociendo el acimut =  $50^\circ$  se tiene:

Ángulo formado por la línea OC y el meridiano de este cuadrante =  $50^\circ$  Entonces se tiene:

**Línea OC:** Se encuentra en el cuadrante SURESTE, forma un ángulo de  $50^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces en la orientación OC, se lee SUR 50 grados Oeste y se representa  $S50^\circ W$ .

**Figura # 29: Rumbos de las líneas OD**



**Línea OD:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE y conociendo el acimut =  $155^\circ$  tenemos:

Ángulo formado por la línea OD y el meridiano de este cuadrante  $= 180^\circ - 155^\circ = 25^\circ$

Entonces se dice:

**Línea OD:** Se encuentra en el cuadrante NOROESTE, forma un Angulo de  $25^\circ$  con el meridiano de este cuadrante, entonces en la orientación OD, se lee NORTE 25 grados Oeste y se representa  $N25^\circ W$ .

#### 4.1 .4 Elementos básicos matemáticos para el cálculo de coordenadas

Se considera que antes de iniciar el estudio de las coordenadas, es necesario recordar alguna teoría elemental de matemáticas como son ecuaciones con una incógnita y algunos principios de trigonometría, como son las relaciones trigonométricas.

##### 4.1.4.1 Ecuación con una incógnita

Para comenzar se definirá lo que es una ecuación.

**Ecuación:** Es una afirmación de que dos expresiones tienen el mismo valor.

Una **ecuación** es una igualdad entre dos expresiones algebraicas, denominadas *miembros*, en las que aparecen valores conocidos o *datos*, y

desconocidos o incógnitas, relacionados mediante operaciones matemáticas. Los valores conocidos pueden ser números, coeficientes o constantes; y también variables cuya magnitud se haya establecido como resultado de otras operaciones.

A la parte izquierda del signo igual se le conoce como primer miembro o miembro izquierdo, a la parte derecha se le conoce como segundo miembro o miembro derecho.

$$A = B \times C$$

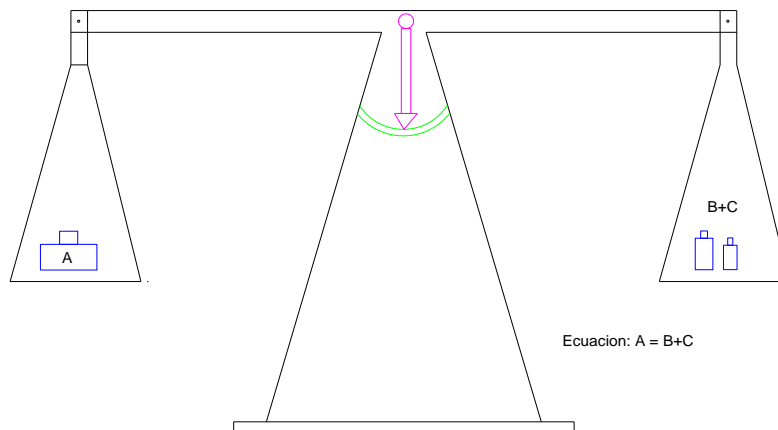
A = Primer miembro o miembro izquierdo.

B x C = segundo miembro o miembro derecho.

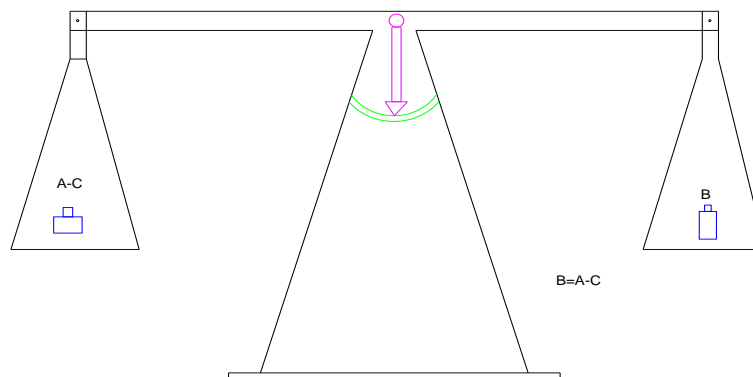
Los miembros de una ecuación se pueden comparar con los pesos que equilibran una balanza.

Es obvio, que todo cambio hecho en platillo debe de acompañarse con una variación igual en el otro, de otra forma la balanza no queda equilibrada.

**Figura # 30: Miembro de una ecuación comparada con el peso que equilibran una balanza.  $A = B + C$**



**Figura # 31: Miembro de una ecuación comparada con el peso que equilibran una balanza.  $B = A - C$**



Como bien se observa en el gráfico, este principio es válido para las ecuaciones, los miembros deben mantenerse equilibrados o se pierde la igualdad.

En otras palabras si un elemento de la izquierda está sumando y queremos pasarlo a la derecha, este debe pasar restando o por lo contrario si está restando debe pasar sumando.

Ejemplo:

$$A + B = C$$

Si queremos pasar B al lado derecho tendríamos:  $A = C - B$  y viceversa.

Lo mismo sucede con la multiplicación y división, si un miembro del lado derecho está multiplicando, y queremos pasarlo al izquierdo pasa dividiendo y si está dividiendo y si está dividiendo pasa a multiplicar.

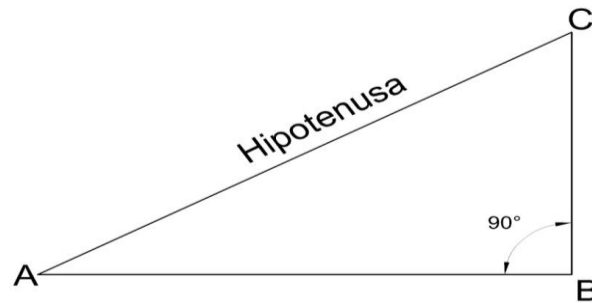
$$C = A \times B$$

Si pasamos B al lado izquierdo tendríamos:  $C/B = A$

**4.1.4.2 Relaciones trigonométricas:** en primer lugar se dirá que la palabra trigonometría significa “Medición por Triángulos” aunque realmente esta parte de las matemáticas incluye otros tópicos.

Como en nuestro caso únicamente trabajaremos con triángulo que contiene un Angulo recto, en donde el Angulo opuesto al Angulo recto es la hipotenusa, y los otros dos lados son conocidos como catetos.

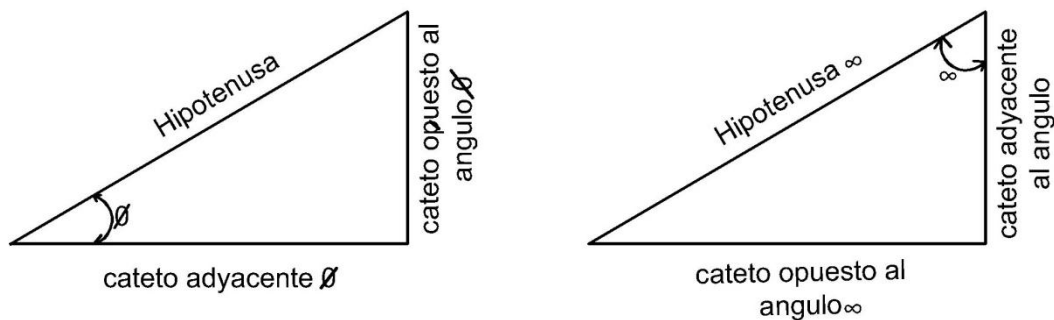
**Figura # 32: Triángulo rectángulo**



#### 4.1.4.3 Definición de relaciones trigonométricas

Son las relaciones entre los ángulos y lados de los triángulos rectángulos, por ejemplo en la figura 1 los lados de la triangulación se denominan de acuerdo con sus relaciones respecto al ángulo  $\theta$ , y en la figura 2, los lados de la triangulación se denominan de acuerdo con sus relaciones respecto al ángulo  $\infty$ .

**Figura # 33: Triángulo para la definición trigonométrica del ángulo  $\theta$  y el ángulo  $\infty$ .**



**Tabla 6: Relaciones trigonométricas**

Nombre de la relación	Abreviatura de la relación
Seno	Sen
Coseno	Cos
Tangente	Tan
Cotangente	Cot
Secante	Sec
cosecante	Csc (cosec)

**Seno:** Es la razón entre el cateto opuesto y la hipotenusa

**Coseno:** Es la razón entre el cateto adyacente y la hipotenusa

**Tangente:** Es la razón entre el cateto opuesto y el cateto adyacente.

**Cotangente:** Es la razón entre el cateto adyacente y el cateto opuesto.

**Secante:** Es la razón entre la hipotenusa y cateto adyacente.

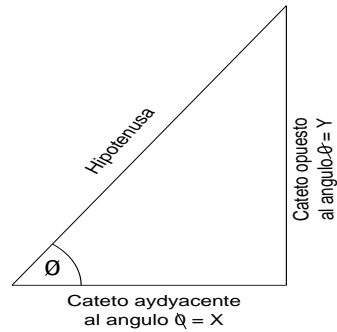
**Cosecante:** Es la razón entre la hipotenusa y cateto opuesto.

### **Definición de razón**

Razón es la comparación de dos cantidades semejantes.

Es el cociente obtenido dividiendo el primer número de la comparación por el segundo.

**Figura # 34: Definición trigonométrica del ángulo  $\theta$**



$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto opuesto al ángulo } \theta}{\text{hipotenusa}} = \frac{Y}{H}$$

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{cateto adyacente al ángulo } \theta}{\text{hipotenusa}} = \frac{X}{H}$$

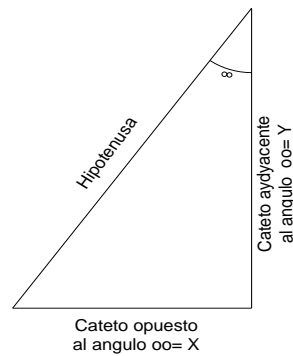
$$\text{tan } \theta = \frac{\text{cateto opuesto al ángulo } \theta}{\text{cateto adyacente al ángulo } \theta} = \frac{Y}{X}$$

$$\text{cot } \theta = \frac{\text{cateto adyacente al ángulo } \theta}{\text{cateto opuesto al ángulo } \theta} = \frac{X}{Y}$$

$$\text{sec } \theta = \frac{\text{hipotenusa}}{\text{cateto adyacente al ángulo } \theta} = \frac{H}{X}$$

$$\text{csc } \theta = \frac{\text{hipotenusa}}{\text{cateto opuesto al ángulo } \theta} = \frac{H}{Y}$$

**Figura # 35: Definición trigonométrica del ángulo  $\infty$**



$$\text{sen } \infty = \frac{\text{cateto opuesto al ángulo } \infty}{\text{hipotenusa}} = \frac{Y}{H}$$

$$\text{cos } \infty = \frac{\text{cateto adyacente al ángulo } \infty}{\text{hipotenusa}} = \frac{X}{H}$$

$$\text{tan } \infty = \frac{\text{cateto opuesto al ángulo } \infty}{\text{cateto adyacente al ángulo } \infty} = \frac{Y}{X}$$

$$\text{cot } \infty = \frac{\text{cateto adyacente al ángulo } \infty}{\text{cateto opuesto al ángulo } \infty} = \frac{X}{Y}$$

$$\text{sec } \infty = \frac{\text{hipotenusa}}{\text{cateto adyacente al ángulo } \infty} = \frac{H}{X}$$

$$\text{csc } \infty = \frac{\text{hipotenusa}}{\text{cateto opuesto al ángulo } \infty} = \frac{H}{Y}$$



## 4.2 COORDENADAS

Uno de los objetivos principales de la topografía es la determinación de la posición relativa de puntos y las coordenadas que no son más que líneas perpendiculares que sirven para determinar la posición de un punto.

Las líneas perpendiculares consisten: Un meridiano de referencia NS, que puede ser (verdadero, magnético y/o convencional) y una línea perpendicular a este meridiano que se llama y que se llama paralelo de referencia.

Como posteriormente comprobaremos, las coordenadas no solamente sirven para dibujar poligonales sino también para el cálculo de áreas, este método también es identificado como método de longitudes y latitudes absolutas, y es un método muy práctico y exacto.

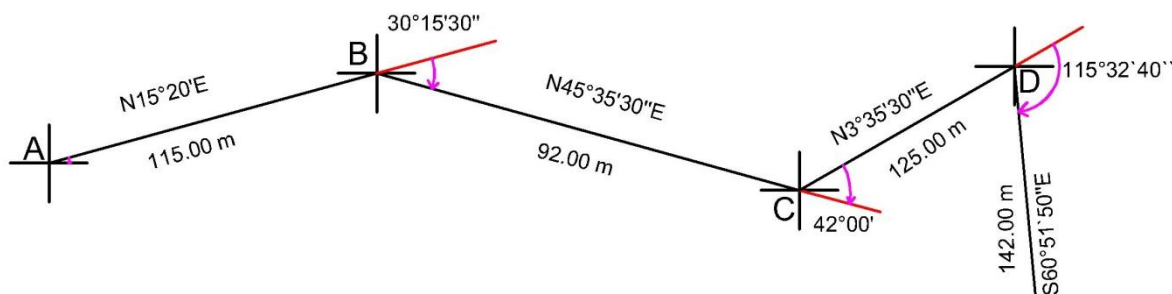
El punto de intersección de las perpendiculares puede estar ubicado fuera del levantamiento o ser uno de los puntos de intersección del mismo y generalmente los acimutes y/o rumbos de todas las líneas se calculan basadas en el rumbo y/o acimut inicial a los ángulos observados.

Una vez conocidas las distancias entre dos puntos (longitud de la línea) y su orientación, se calcula proyección ortogonal (que está en Angulo recto) sobre el meridiano y se le conoce como coordenadas (NS), a las coordenadas se les clasifican como latitudes y a las abscisas se les identifican como longitudes.

### EJEMPLOS

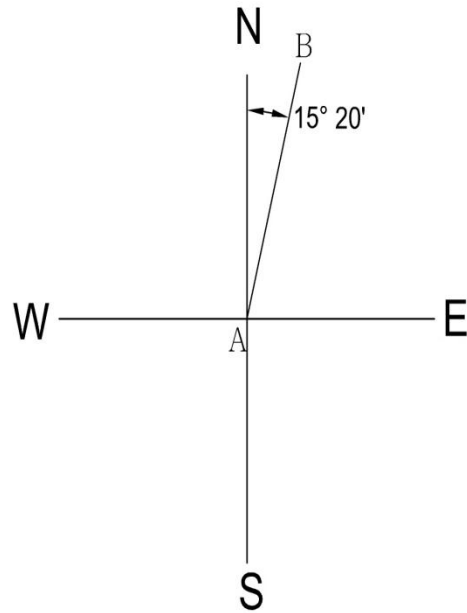
#### Ejemplo 2A

**Figura # 36: Poligonal abierta donde se quiere conocer las coordenadas**



Si en una poligonal abierta se tiene distancias conocidas y rumbos conocidos se puede calcular las coordenadas, siempre es recomendable hacer uso de gráficos.

**Figura # 37: Proyección AB de la poligonal abierta**



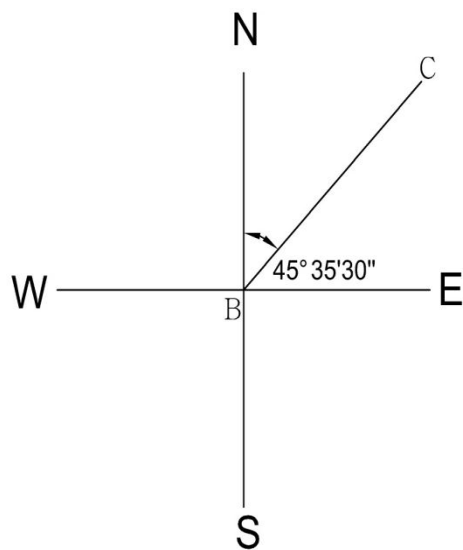
$$\text{Sen } 15^{\circ} 20' = \frac{NB}{115} = NB = 115 \times \text{sen } 15^{\circ} 20' = 30.41$$

$$\text{Cos } 15^{\circ} 20' = \frac{NA}{115} = NA = 115 \times \text{cos } 15^{\circ} 20' = 110.91$$

Longitud AB = 30.41

Latitud AB = 110.91

**Figura # 38: Proyección BC de la poligonal abierta**



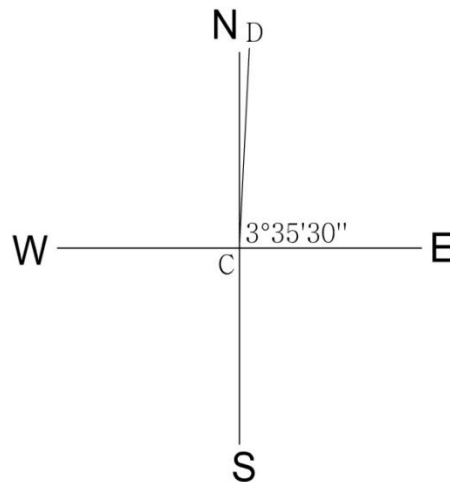
$$\text{Sen } 45^{\circ} 35' 30'' = \frac{NC}{92} = NC = 92 \times \text{sen } 45^{\circ} 35' 30'' = 65.72$$

$$\text{Cos } 45^{\circ} 35' 30'' = \frac{NB}{92} = NB = 92 \times \text{cos } 45^{\circ} 35' 30'' = 64.38$$

Longitud BC= 65.72

Latitud BC = 64.38

**Figura # 39: Proyección CD de la poligonal abierta**



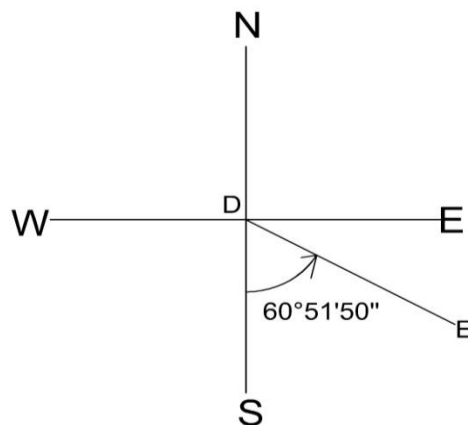
$$\text{Sen } 3^{\circ} 35' 30'' = \frac{ND}{125} = ND = 125 \times \text{sen } 3^{\circ} 35' 30'' = 7.83$$

$$\text{Cos } 3^{\circ} 35' 30'' = \frac{NC}{125} = NC = 125 \times \text{cos } 3^{\circ} 35' 30'' = 124.75$$

Longitud CD=7.83

Latitud CD = 124.75

**Figura # 40: Proyección DE de la poligonal abierta**



$$\text{Sen } 60^{\circ} 51' 50'' = \frac{SE}{142} = SE = 142 \times \text{sen } 60^{\circ} 51' 50'' = 124.03$$

$$\frac{SD}{142} = SD = 142 \times \text{cos } 60^{\circ} 51' 50'' = 69.14$$

Longitud DE = 124.03

Latitud DE = 69.14

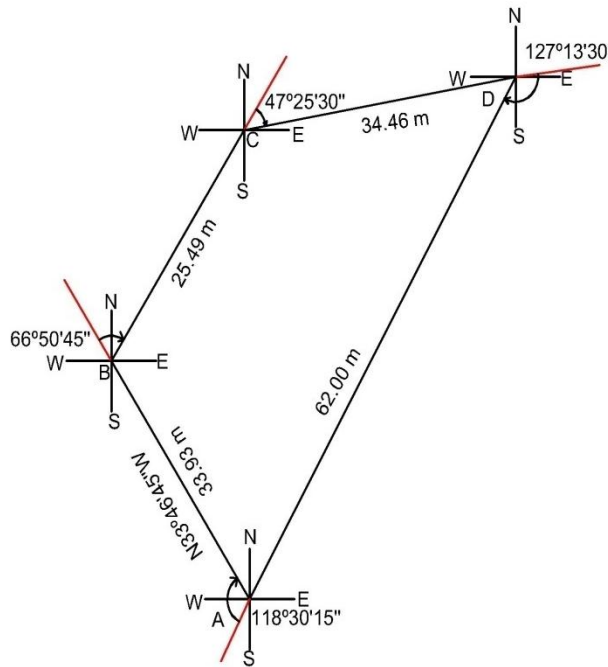
**Tabla 7: Coordenadas de poligonal abierta**

Dist	Deflexión	Rumbo	PROYECCIONES				COORDENADAS	
			Norte	Sur	Este	Oeste	Latitud	Longitud
	0°00'00''						10,000.	10,000
115		N15°20'E	110.91		30.14			
	30°15'30''						10,110.91	10,300.41
92		N45°35'30''E	64.38		65.72			
	42°00'00''						10,175.29	10,096.13
125		N3°53'30'E	124.75		7.83			
	115°32'40''						10,300.04	10,103.96
142		S60°51'50''E		69.14	124.03			
							10,232.90	10,227.99

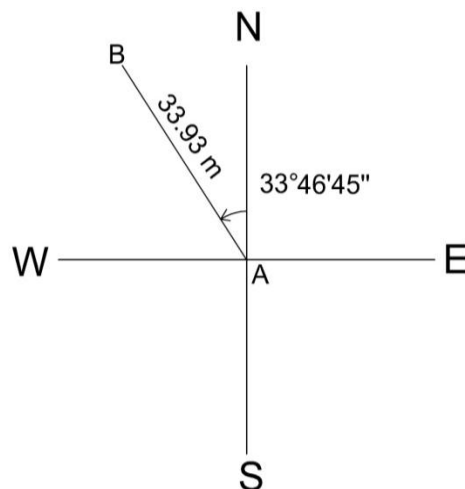
### Ejemplo 2B

Si en una poligonal cerrada se tiene distancias conocidas y rumbos conocidos se puede calcular las coordenadas, siempre es recomendable hacer uso de gráficos.

**Figura # 41: Poligonal cerrada donde se quiere conocer las coordenadas**



**Figura # 42: Proyección AB de la poligonal cerrada**



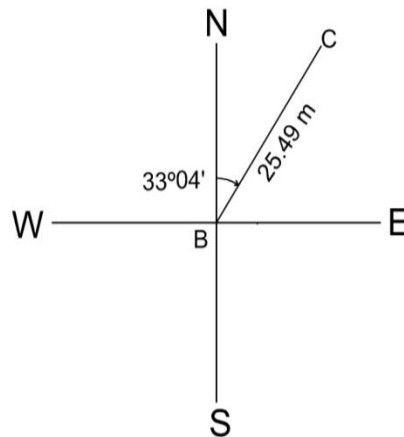
$$\text{Sen } 33^{\circ} 46' 45'' = \frac{NB}{33.39} = NB = 33.39 \times \text{sen } 33^{\circ} 46' 45'' = 18.86$$

$$\text{Cos } 33^{\circ} 46' 45'' = \frac{NA}{33.39} = NA = 33.39 \times \text{Cos } 33^{\circ} 46' 45'' = 28.20$$

Longitud AB = 18.86

Latitud AB = 28.20

**Figura # 43: Proyección BC de la poligonal cerrada**



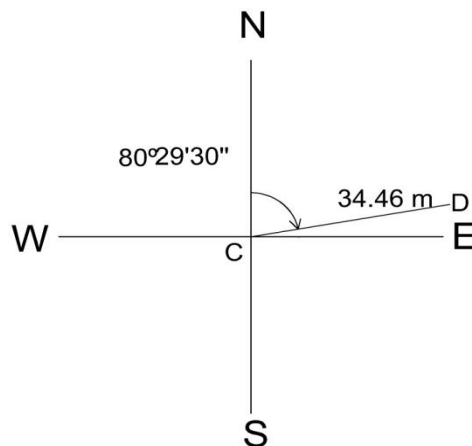
$$\text{Sen } 33^{\circ} 04' = \frac{NC}{25.49} = NC = 25.49 \times \text{sen } 33^{\circ} 04' = 13.91$$

$$\text{Cos } 33^{\circ} 04' = \frac{NB}{25.49} = NB = 25.49 \times \text{cos } 33^{\circ} 04' = 21.36$$

Longitud BC= 13.91

Latitud BC = 21.36

**Figura # 44: Proyección CD de la poligonal cerrada**



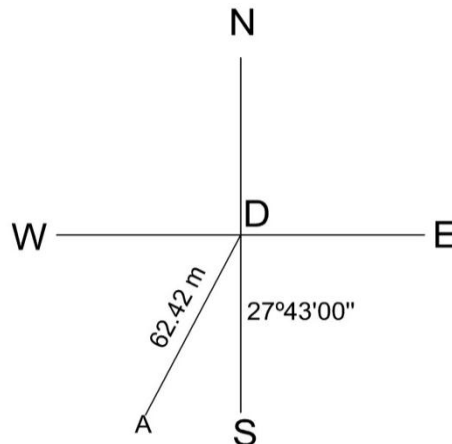
$$\text{Sen } 80^{\circ} 29' 30'' = \frac{ND}{34.46} = ND = 34.46 \times \text{sen } 80^{\circ} 29' 30'' = 33.97$$

$$\text{Cos } 80^{\circ} 29' 30'' = \frac{NC}{34.46} = NC = 34.46 \times \text{cos } 80^{\circ} 29' 30'' = 5.69$$

Longitud CD=33.97

Latitud CD = 5.69

**Figura # 45: Proyección DA de la poligonal cerrada**



$$\text{Sen } 27^{\circ} 43' 00'' = \frac{SA}{62.42} = SA = 62.42 \times \text{sen } 27^{\circ} 43' 00'' = 29.03$$

$$\text{Cos } 27^{\circ} 43' 00'' = \frac{SD}{62.42} = SD = 62.42 \times \text{cos } 27^{\circ} 43' 00'' = 55.26$$

**Longitud** CD =29.03

**Latitud** CD = 55.26

**Observación:** En todo polígono las latitudes Sur son negativas y las Nortes positivas y las longitudes Este positivas y las Oeste negativas.

En los polígonos cerrados la suma de las latitudes positivas deben de ser iguales a las sumas de las longitudes negativas, y la suma de las longitudes positivas deben de ser iguales a las suma de las longitudes negativas.

Además en dos polígonos el punto inicial es el mismo punto final o de cierre por lo tanto el valor de las coordenadas es el mismo.

Dist			PROYECCIONES				COORDENADAS	
	Deflexión	Rumbo	Norte	Sur	Este	Oeste	Latitud	Longitud
	Der 118°30'15``						100	100
33.93		N33°46'45``W	28.20			18.86		
	Der 66°50'45``						128.20	
25.49		N33°04'00``E	21.36		13.91			
	Der 47°25'30``						149.56	95.05
34.46		N80°29'30``E	5.69		33.97			
	Der 127°13'30``						155.25	129.02
62.42		S27°43'00``W		55.26		29.03		
	Der 118°30'15``						89.99	99.99
$\Sigma$			55.25	55.26	47.88	47.89		

**Tabla 8: Coordenadas de poligonal cerrada**



#### 4.4 CÁLCULO DE POLIGONALES CERRADAS

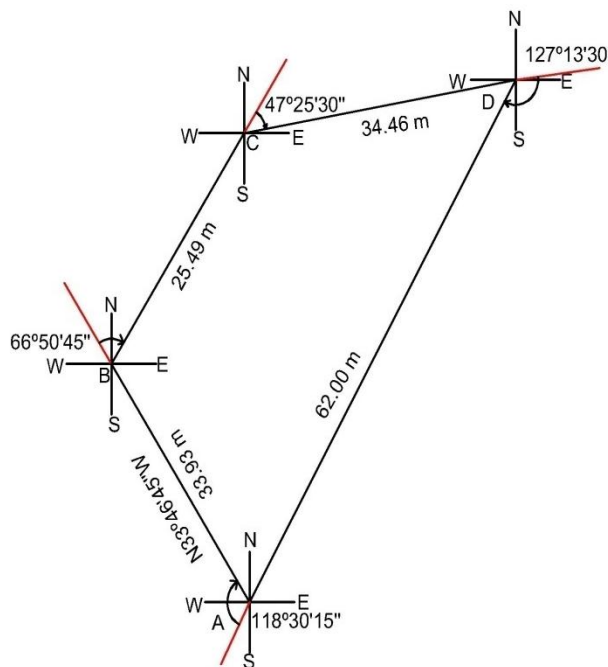
El método que se desarrollará es el método conocido como ***dobles distancias meridianas***.

Es un método ordenado, cuya secuencia es la siguiente:

- 4.4.1 Comprobación angular
- 4.4.2 Cálculo de rumbos
- 4.4.3 Cálculos de proyecciones (Longitudes y Latitudes)
- 4.4.4 Corrección de proyecciones
- 4.4.5 Dobles distancias meridianas.
- 4.4.6 Doble áreas.

Figura 3A

Figura # 46: Calculo de poligonal cerrada



**4.4.1 Comprobación angular:** Antes de todo, se debe de comprobar la exactitud de los ángulos, por geometría se sabe que en cualquier polígono cerrado la suma de los ángulos internos es igual a  $180^\circ (n-2)$ , donde  $n$  es el numero de lados, o bien que en cualquier polígono convexo la suma de los ángulos externos es igual a  $360^\circ$ .

Para mejor comprensión es necesario recordar los que son ángulos internos y ángulos externos.

Ángulos internos: son los formados por cada dos lados consecutivos.

Ángulos externos: son los ángulos adyacentes a los internos, obtenidos prolongando los lados en un mismo sentido

Ángulos adyacentes: son los que están formados de manera que un lado es común y los otros dos lados pertenecen a la misma recta.

#### 4.4.1.1 Comprobación de ángulos internos.

Cuando los levantamientos topográficos son presentados como se indica en la figura 3A, el primer paso es calcular los ángulos internos.

$$\angle A = 180^\circ 00'00'' - 118^\circ 30'15'' = 180^\circ 00'00'' - 118.50417^\circ = 61.495833^\circ = 61^\circ 29'45''$$

$$\angle B = 180^\circ 00'00'' - 66^\circ 50'45'' = 180^\circ 00'00'' - 66.845833^\circ = 113.15417^\circ = 113^\circ 09'15''$$

$$\angle C = 180^\circ 00'00'' - 47^\circ 25'30'' = 180^\circ 00'00'' - 47.425^\circ = 132.575^\circ = 132^\circ 34'30''$$

$$\angle D = 180^\circ 00'00'' - 127^\circ 13'30'' = 180^\circ 00'00'' - 127.225^\circ = 52.775^\circ = 52^\circ 46'30''$$

Entonces:

$$\sum \angle A + \angle B + \angle C + \angle D = 61.495833 + 113.15417 + 132.575 + 52.775 = 360^\circ 00'00''$$

$$\sum \angle A + \angle B + \angle C + \angle D = 61.29'45'' + 113^\circ 09'15'' + 132^\circ 34'30'' + 52^\circ 46'30'' = 358^\circ 118'120''$$

$$\sum \angle A + \angle B + \angle C + \angle D = 358^\circ 118'120'' = 358^\circ 120' = 360^\circ 00'00''$$

Como se dijo anteriormente: por GEOMETRIA PLANA se sabe que cualquier polígono cerrado la suma de los ángulos internos es:  $180(n-2)$  siendo n el numero de lados.

$$\sum \angle A + \angle B + \angle C + \angle D = 180(4-2) = 180(2) = 360^\circ \text{ que es lo que se quería comprobar.}$$

#### 4.4.1.2 Comprobación de ángulos externos

Se sabe que en cualquier polígono convexo la suma de los ángulos externos es igual a  $360^\circ$ .

En la figura 3A, los ángulos externos se tomaron directamente por lo tanto lo único:

Se procede a realizar la suma.

$118^{\circ}30'15'' + 66^{\circ}50'45'' + 47^{\circ}25'30'' + 127^{\circ}13'30'' = 358^{\circ} 118'120'' = 358^{\circ}120' = 360^{\circ}$   
que esto lo que se quería comprobar.

#### 4.4.1.3 Tolerancia angular

Afortunadamente en este ejemplo la comprobación angular resulto sin fallas, pero algunas veces esto no resulta tan exacto, por lo tanto es conveniente fijar una tolerancia.

DAVIS AND FOOT, en su tratado de topografía página 291 nos dice al respecto:

Si el error en la suma de los ángulos internos es mayor, expresados en minutos, que el producto de cinco o diez minutos, por el número de ángulos, es probable que se haya cometido un error grosero en la lectura de la brújula, debiéndose repetir el trabajo de campo.

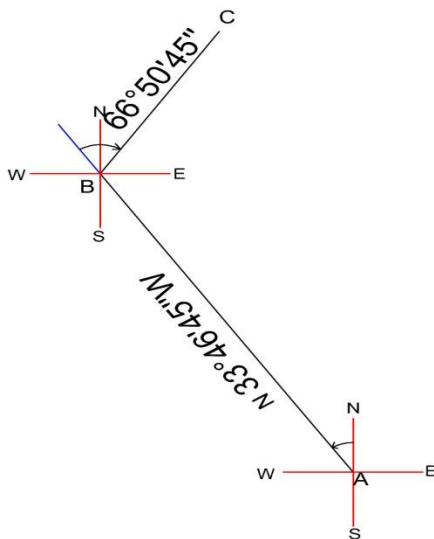
**4.4.2 Cálculo de rumbos:** Conociendo el rumbo inicial y las deflexiones se procede al cálculos de los demás y la comprobación del primero.

**Línea AB:** Rumbo inicial =  $N33^{\circ}46'45''W$

Deflexión en B =  $66^{\circ}50'45''$  derecha.

**Línea BC:**

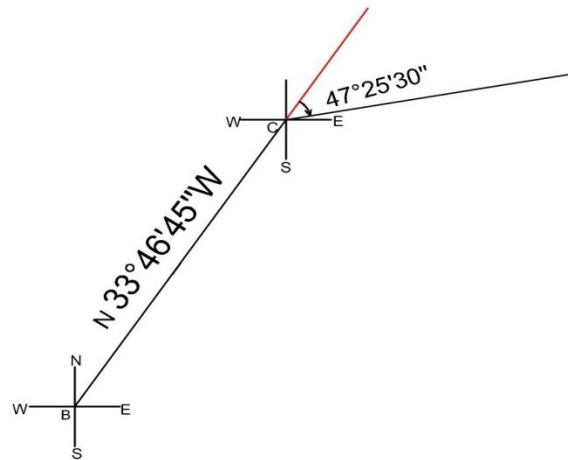
**Figura # 47: Rumbo de línea BC la de poligonal cerrada**



Ángulo formado por la línea BC y el meridiano de este cuadrante BC  $66^{\circ}50'45'' - 33^{\circ}46'45'' = 33^{\circ}04''$

RUMBO **BC**= N33°04'E

**Figura # 48: Rumbo de línea CD la de poligonal cerrada**



**Línea CD:**

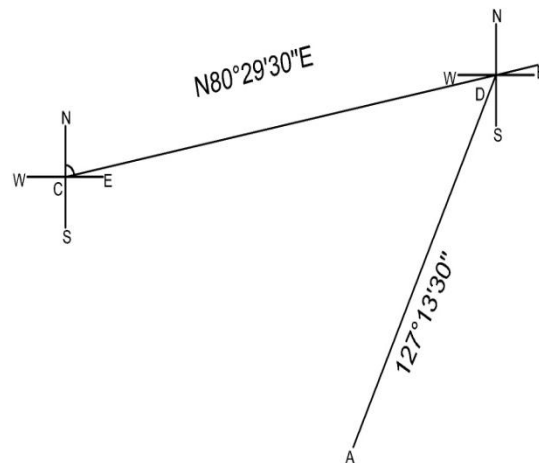
RUMBO BC= N33°04'E

Deflexión en C = 47° 25'30'' derecha.

Ángulo formado por la línea CD y el meridiano de este cuadrante = 33°04'+ 47° 25' 30'' = 80° 29'30''

Rumbo CD = N80°29'30''E

**Figura # 49: Rumbo de línea DA la de poligonal cerrada**



**Línea DA:**

Rumbo CD = N80°29'30''E

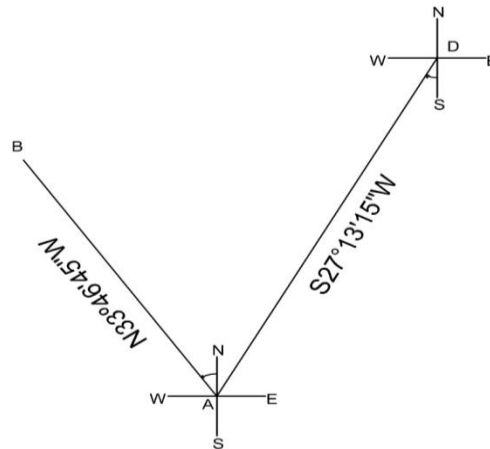
Deflexión en D =  $127^{\circ} 13'30''$  derecha.

Ángulo formado por la línea DA =  $(80^{\circ}29'30'' + 127^{\circ} 13'30'') - 180^{\circ} = 207^{\circ}42'60'' - 180^{\circ}$  y el meridiano de este cuadrante =  $207^{\circ} 43' - 180^{\circ} = 27^{\circ} 43''$

RUMBO DA =  $S27^{\circ} 43''W$

**Línea AB:** (comprobación de rumbo)

**Figura # 50: Comprobación Rumbo de línea AB la de poligonal cerrada**



Rumbo DA =  $S27^{\circ} 43''W$

Deflexión en A =  $118^{\circ} 30' 15''$  derecha.

Angulo formado por la línea AB y el meridiano =  $180^{\circ} - (118^{\circ}30'15''27^{\circ}43') = 180^{\circ} - (145^{\circ}73'15'') = 180^{\circ} - 146^{\circ}13'15''$

Rumbo AB =  $N33^{\circ}46'45''W$  que es lo queríamos comprobar.

**4.4.3 Cálculo de proyecciones (longitudes y latitudes):** El siguiente paso consiste en encontrar las longitudes y latitudes.

**4.4.3.1 Longitudes:** Para encontrar las longitudes se multiplica la distancia del lado en estudio por el seno del rumbo, los rumbos con orientaciones “ESTE” generan longitudes positivas y los rumbos con orientaciones “OESTE” generan longitudes negativas.

Lado AB= distancia = 33.93 → rumbo  $N33^{\circ} 46'45''W$

Lado BC= distancia = 25.49 → rumbo  $N33^{\circ} 04'E$

Lado CD= distancia = 34.46 → rumbo  $N80^{\circ} 29'30''E$

Lado DA= distancia = 62.00 → rumbo  $S27^{\circ} 43'W$

### Proyecciones:

$$AB = 33.93 \times \sin 33^\circ 46'45'' = -18.86$$

$$BC = 25.49 \times \sin 33^\circ 04' = 13.91.$$

$$CD = 34.46 \times \sin 80^\circ 29'30''E = 33.99$$

$$DA = 62.00 \times \sin 27^\circ 43' = -28.84$$

**4.4.3.2 Latitudes:** Para encontrar las latitudes se multiplica la distancia del lado en estudio por el coseno del rumbo, los rumbos con orientaciones Norte generan latitudes positivas y los rumbos con orientación Sur generan latitudes negativas.

$$\text{Lado AB} = \text{distancia} = 33.93 \rightarrow \text{rumbo } N33^\circ 46'45''W$$

$$\text{Lado BC} = \text{distancia} = 25.49 \rightarrow \text{rumbo } N33^\circ 04'E$$

$$\text{Lado CD} = \text{distancia} = 34.46 \rightarrow \text{rumbo } N80^\circ 29'30''E$$

$$\text{Lado DA} = \text{distancia} = 62.00 \rightarrow \text{rumbo } S27^\circ 43'W$$

### Proyecciones:

$$AB = 33.93 \times \cos 33^\circ 46'45'' = 28.20$$

$$BC = 25.49 \times \cos 33^\circ 04' = 21.36$$

$$CD = 34.46 \times \cos 80^\circ 29'30''E = 5.69$$

$$DA = 62.00 \times \cos 27^\circ 43' = -54.89$$

### 4.4.4 Correcciones de proyecciones

Si el levantamiento topográfico ha sido efectuado precisa y exactamente la suma de las longitudes positivas debe de ser igual a la suma de las longitudes negativas y la suma de las latitudes positivas debe de ser igual a la suma de las latitudes negativas, en caso contrario debe de corregirse de la siguiente manera:

**tabla 9: Corrección de proyecciones (longitudes y latitudes)**

Lados	Longitudes		Latitudes	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Norte	(-)Sur
AB		18.86	28.20	
BC	13.91		21.36	
CD	33.99		5.69	
DA		28.84		54.89
$\Sigma$	47.90	47.70	55.25	54.89

$$\text{Error de longitud} = 47.90 - 47.70 = 0.20$$

$$\text{Error de latitud} = 55.25 - 54.89 = 0.36$$

**4.4.4.1 Correcciones de longitudes:** Las longitudes se corrigen por medio de la siguiente formula.

$$F_c = \frac{\text{error de longitud} \times \text{longitud del lado}}{\text{suma de longitudes (sin importar el signo)}}$$

**Siendo**

FC: El factor de corrección

**Error de longitud:** Es la diferencia de la suma de las longitudes positivas (ESTE) con la suma de las longitudes negativas (OESTE).

$$\text{Error de longitud} = 47.90 - 47.70 = 0.20$$

Las longitudes de los lados son:

$$AB = 18.86$$

$$BC = 13.91$$

$$CD = 33.99$$

$$DA = 28.84$$

**Suma de longitudes:** Es el acumulado de las longitudes tanto positivas como negativas (no importa el signo).

$$\text{Suma de longitudes: } 47.90 + 47.70 = 95.60$$

Aplicando la formula tenemos

$$FC(ab) = \frac{0.20 \times 18.86}{95.60} = 0.04$$

$$FC(bc) = \frac{0.20 \times 13.91}{95.60} = 0.03$$

$$FC (cd) = \frac{0.20 \times 33.99}{95.60} = 0.07$$

$$FC (da) = \frac{0.20 \times 28.84}{95.60} = 0.06$$

Ya teniendo el factor de corrección, se observa cual de las sumas de las longitudes es mayor y a esta se le resta el factor de corrección, y la suma de las longitudes menor, se le suma el factor de corrección, en nuestro ejemplo es mayor la suma de longitudes positivas (ESTE), por lo tanto se deben de restar los factores de corrección, y es menor la suma de las longitudes negativas (OESTE) por lo tanto se deben de sumar los factores de corrección.

**Tabla 10: Resultados de longitudes corregidas**

Lados	Longitudes		Longitudes corregidas	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Este	(-)Oeste
AB		18.86		18.86+0.04=18.90
BC	13.91		13.91 – 0.03=13.88	
CD	33.99		33.99 – 0.07= 33.92	
DA		28.84		28.84+0.06=28.90
$\Sigma$	47.90	47.70	47.80	47.80

**4.4.4.2 Corrección de latitudes:** Las latitudes se corrigen por medio de la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{\text{error de latitud} \times \text{latitud del lado}}{\text{suma de latitudes (sin importar el signo)}}$$

**Siendo**

FC: El factor de corrección

**Error de latitud:** Es la diferencia de la suma de las latitudes positivas (NORTE) con la suma de las latitudes negativas (SUR).

$$\text{Error de latitud} = 55.25 - 54.89 = 0.36$$

Las longitudes de los lados son:

$$AB = 28.20$$



$$BC= 21.36$$

$$CD= 5.69$$

$$DA= 54.89$$

**Suma de latitudes:** Es el acumulado de las latitudes tanto positivas como negativas (no importa el signo).

$$\text{Suma de latitudes: } 55.25 + 54.89 = 110.14$$

Aplicando la formula tenemos:

$$FC(ab) = \frac{0.36 \times 28.20}{110.14} = 0.09$$

$$FC(bc) = \frac{0.36 \times 21.36}{110.14} = 0.07$$

$$FC(cd) = \frac{0.36 \times 5.69}{110.14} = 0.02$$

$$FC(da) = \frac{0.36 \times 54.89}{110.14} = 0.18$$

Ya teniendo el factor de corrección, se observa cual de las sumas de las latitudes es mayor y a esta se le resta el factor de corrección, y la suma de las latitudes menor, se le suma el factor de corrección, en nuestro ejemplo es mayor la suma de latitudes positivas (NORTE), por lo tanto se deben de restar los factores de corrección, y es menor la suma de las latitudes negativas (SUR) por lo tanto se deben de sumar los factores de corrección.

**Tabla 11: Resultado de Latitudes corregidas**

Lados	Longitudes		Latitudes corregidas	
	(+)Norte	(-)Sur	(+)Norte	(-)Sur
AB	28.20		$28.20 - 0.09 = 28.11$	
BC	29.36		$21.36 - 0.07 = 21.29$	
CD	5.69		$5.69 - 0.02 = 5.67$	

DA		54.89		$54.89+0.18=55.07$
$\Sigma$	55.25	54.89	55.07	55.07

#### 4.4.5 Dobles distancias meridianas

Una vez obtenidas las longitudes y las latitudes corregidas se precede a buscar las dobles distancias meridianas, seleccionando una longitud y siguiendo el siguiente proceso. A la longitud seleccionada se le duplica el valor y se le suma algebraicamente la siguiente longitud, a esta cantidad encontrada le sumamos algebraicamente las longitudes anteriores y posteriormente y así sucesivamente.

**Tabla 12: Doble distancias meridianas usando las longitudes corregidas**

Lados	Longitudes corregidas		Dobles distancias meridianas
	(+)Este	(-)Oeste	
AB		18.90	$66.70 - 28.90 - 18.90 = 18.90$
BC	13.88		13.88 (longitud seleccionada)
CD	33.92		$13.88 + 13.88 + 33.92 = 61.86$
DA		28.90	$61.68 + 33.92 - 28.90 = 66.70$

**Observación:** siempre la doble distancia meridiana de cierre debe ser igual a la longitud de cierre.

**4.4.6 Dobles área:** Ya conociendo las dobles distancias meridianas, se procede a calcular las dobles áreas, esto se hace multiplicando cada una de las dobles distancias, por su latitud correspondiente y separando las casillas diferentes las positivas y las negativas, ya teniendo esto se efectúa la suma algebraica de la positiva con negativa y se obtiene la doble área total = 2A, si dividimos entre dos la doble área llegamos a la respuesta final es decir al área buscada.

**Tabla 13: Cálculo de dobles áreas usando Latitudes corregidas**

Lados	Dobles distancias meridianas	Latitudes corregidas		Dobles áreas	
		(+)Norte	(-)Sur	(+)	(-)
AB	18.90	28.90		$18.90 \times 28.11 = 531.27$	
BC	13.88	21.29		$13.88 \times 21.29 = 295.51$	
CD	61.68	5.67		$61.68 \times 5.67 = 349.73$	
DA	66.70		55.07		$66.70 \times 55.07 = 3673.17$
$\Sigma$				1176.51	3673.17

$$2A = 3673.17 - 1176.51 = 2496.66$$

$$A = \frac{2496.66}{2} = 1248.33 \text{ M}^2$$

**Tabla 14: Datos aplicado a una poligonal abierta**

Dist	Rumbos	Longitudes corregidas		Latitudes corregidas		Dobles Distancias meridianas	Dobles áreas	
		Este	Oeste	Norte	Sur		+	-
33.93	N33°46'45''W		18.90	28.11		18.90	531.27	
25.49	N33°04'E	13.88		21.29		13.88	295.51	
34.46	N80°29'30''E	33.92		5.67		61.68	349.73	
62.00	S27°43'W		28.11		55.07	66.70		3673.17
$\Sigma$		47.80	47.80	55.07	55.07		1176.51	3673.17

$$2A = 3673.17 - 1176.51 = 2496.66 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{2496.66}{2} = 1248.33 \text{ M}$$

#### 4.4.7 Dibujo de poligonales Cerradas

Como se dijo anteriormente en el método de las coordenadas es muy práctico y exacto, es por esto que es recomendable ya que también facilita el chequeo.

Lo primero que se debe de establecer en el cuadro de coordenadas

**Tabla 15: datos de coordenadas de poligonal cerrada**

Dist	PROYECCIONES						COORDENADAS	
	Deflexión	Rumbo	Norte	Sur	Este	Oeste	Latitud	Longitud
	118°30'15"						100	100
33.93		N33°46'45"W	28.11			18.86		
	66°50'45"						128.11	81.10
25.49		N33°04'00"E	21.29		13.88			
	47°25'30"						149.40	94.98
34.46		N80°29'30"E	5.67		33.92			
	127°13'30"						155.07	128.90
62.00		S27°43'00"W		55.07		28.90		
	118°30'15"						100	100
$\Sigma$			55.07	55.07	47.80	47.80		

**Observación:** Todos los datos del cuadro son conocidos, desde que se calculo el área, la única de las casillas que se tiene que procesar es la de las coordenadas.

Una vez que se plotea la poligonal se debe de tener especial cuidado, la planta de ubicación, relacionada en un lugar conocido, por ejemplo kilometraje, etc. La escala el área de la poligonal en metros y varas cuadradas, los rumbos de sus lados, la indicación del norte, las distancias de cada lado, los linderos, el nombre del dueño del terreno y de los vecinos, las mejoras, el nombre del que realizo el levantamiento topográfico, del que reviso, el que cálculo, el que dibujo, la fecha y todo aquello que se considere necesario.

## 4.5 DESMEMBRACIÓN

### 4.5.1 Cálculo

#### Figura 4A

Figura # 51: Desmembración de una poligonal cerrada

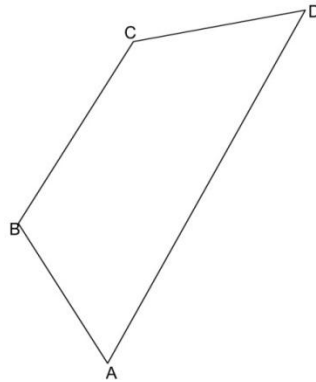


Tabla 16: Datos para el cálculo de desmembración

Lados	Dist	Rumbos	Longitudes corregidas		Latitudes corregidas		Dobles Distancias meridianas	Dobles áreas	
			Este	Oeste	Norte	Sur		+	-
AB	33.93	N33°46'45"W		18.86	28.20		18.86	531.85	
BC	25.49	N33°04'E	13.90		21.36		13.90	296.90	
CD	34.46	N80°29'30"E	33.99		5.69		61.79	351.59	
DA	62.42	S27°43'W		29.03		55.07	66.75		3687.94
	$\Sigma$		47.89	47.89	55.25	55.25		1180.34	3687.94

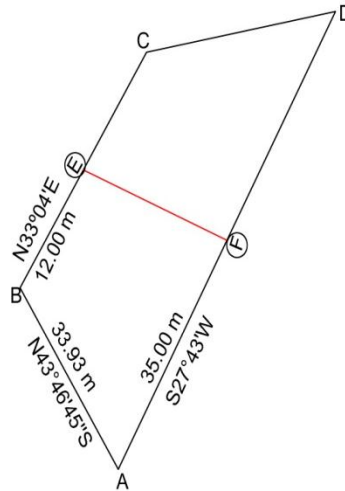
$$2A = 3687.94 - 1180.34 = 2507.60 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{2507.60}{2} = 1253.80 \text{ M}^2$$

Ya conociendo el área de la figura 4A, se requiere desmembrar esta propiedad en dos partes iguales, para eso se hace lo siguiente:

Se coloca una línea tentativa que divida un polígono de la figura 4A, en dos partes, a esta línea la identificaremos, como la línea EF.

**Figura # 52: División de la poligonal a Desmembrar**



Se encuentran las longitudes y latitudes de las líneas BC y AF.

**Longitudes:**

Lado FA: Distancia = 35.00 m, Rumbo: S27° 43'W

Lado AB: Distancia = 33.93 m, Rumbo: N33° 46'45''W

Lado AB: Distancia = 12.00 m, Rumbo: N33° 04'E

**Proyecciones:**

$$FA = 35.00 \times \sin 27^\circ 43' = 16.28$$

$$AB = 33.93 \times \sin 33^\circ 46'45'' = 18.86$$

$$BE = 12.00 \times \sin 33^\circ 04' = 6.55$$

**Latitudes:**

Lado FA: distancias = 35.00m, Rumbo: S27°43'W

Lado AB: distancias = 35.93m, Rumbo: N33°46'45''W

Lado BE: distancias = 12.00m, Rumbo: N33°04'E

**Proyecciones:**

$$FA = 35.00 \times \cos 27^\circ 43' = 30.98$$

$$AB = 33.93 \times \cos 33^{\circ}46'45'' = 28.20$$

$$BE = 12.00 \times \cos 33^{\circ} 04' = 10.06$$

Luego se busca el rumbo de la línea EF, por medio de la formula  $\tan E = \frac{\epsilon L}{\epsilon l}$

Siendo E el Angulo formado por la línea EF y el meridiano del cuadrante  $\epsilon L$ : la suma algebraica de las longitudes y  $\epsilon l$  suma algebraica de latitudes.

**Tabla 17: Cálculo del Rumbo de la línea EF**

Lados	Longitudes		Latitudes	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Norte	(-)Sur
FA		16.28		30.98
AB		18.86	28.20	
BE	6.55		10.06	
$\Sigma$	6.55	35.14	38.26	30.98

$$\epsilon L = 35.14 + 6.55 = - 28.59$$

$$\epsilon l = 38.26 - 30.98 = 7.28$$

$$\tan E = \frac{28.59}{7.28} = 3.9271978$$

$$E = 75.74114^{\circ} = 75^{\circ}42'50''$$

$$\text{RUMBO} = S75^{\circ}42'50''E$$

Ya conociendo el Rumbo de la línea EF, se procede a encontrar la medida de esta línea por medio de la formula  $e = \sqrt{\epsilon L^2 + \epsilon l^2}$  que es conocida como la formula de error de cierre para una poligonal.

$$e = \sqrt{28.59^2 + 7.28^2} = \sqrt{817.3881^2 + 52.9984^2} = \sqrt{870.3865} = 29.50 \text{ m}$$

## Longitud y latitud de la línea EF

### Longitud

Lado EF, distancia = 29.50m, Rumbo: S75°42'50"E

Proyección

$$EF = 29.50\text{m} \times \sin 75^\circ 42' 50'' = 28.59$$

### Latitud:

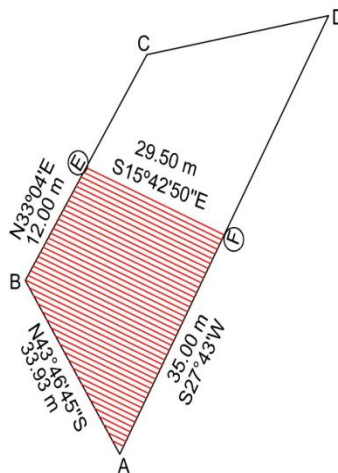
Lado EF: distancia = 29.50m, Rumbo: S75°42'50"E

PROYECCION

$$EF = 29.50\text{m} \times \cos 75^\circ 42' 50'' = 7.28$$

Cálculo del área de una de las partes en que se dividió el polígono tentativamente:  
(ver fig. 4B área achurada)

**Figura # 53: Calculo de las Áreas**



**Tabla 18: Cálculo de dobles distancias meridianas.**

Lados	Longitudes		Dobles distancias meridianas
	(+)Este	(-)Oeste	
FA		16.28	41.69 + 28.59 – 16.28 = 54.00
AB		18.86	54.00 -16.28-18.86=18.86
BE	6.55		6.55
EF	28.59		6.55 + 6.55 + 28.59 = 41.69



$\Sigma$	35.14	35.14	
----------	-------	-------	--

**Tabla 19: Calculo de área a desmembrar**

Lados	Latitudes		Dobles distancias meridianas	Dobles áreas	
	(+)Norte	(-)Sur		+	-
FA		30.98	54.00		54.00 x 30.98 = 1672.92
AB	28.20		18.86	18.86 x 28.20 = 531.85	
BE	10.06		6.55	6.55 x 10.06 = 65.89	
EF		7.28	41.69		41.69 x 7.28 = 303.50
$\Sigma$	38.26	38.26		579.75	1976.42

$$2A = 1976.42 - 579.75 = 1378.68 \text{ M}^2$$

$$A = \frac{1378.68}{2} = 689.34 \text{ M}^2$$

El área encontrada es mayor que la mitad del área a desmembrarse la cual es:

$$A = \frac{1253.80}{2} = 626.90 \text{ M}^2$$

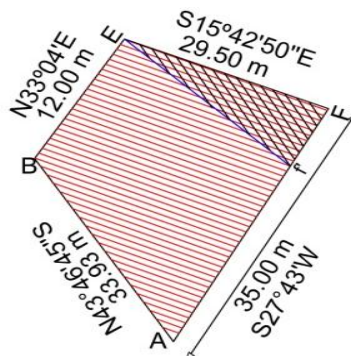
$$\Delta A = 689.34 - 626.90 = 62.44 \text{ m}^2$$

Una vez encontrada el área achurada y comparada con la mitad del área a desmembrarse nos resultó que el achurada es mayor en 62.44 m<sup>2</sup>, entonces se procede a encontrar el punto que corresponde al área total entre dos, por medio de un triángulo, cuya área la obligamos a ser el área que nos sobra por medio de la fórmula.

$$A = \frac{1}{2} * 2 * b * \sin \theta$$

Siendo  $\theta$  el ángulo EFF' de la figura 4C.

**Figura # 54: Área achurada de la división de la poligonal**

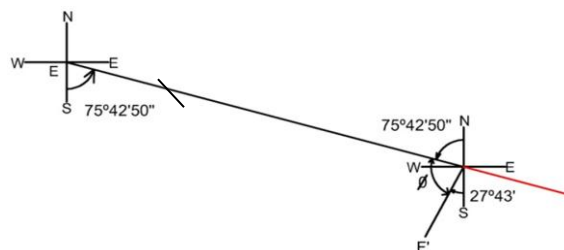


**Figura 55 #: cálculo del ángulo  $\theta$**

$$\theta = 180^\circ - (75^\circ 42' 50'' + 27^\circ 43')$$

$$\theta = 180^\circ - (103^\circ 25' 50'')$$

$$\theta = 179^\circ 59' 60'' - 103^\circ 25' 50'' = 76^\circ 34' 10''$$



**Figura # 56: Área sobrante de la división de la poligonal**

X = altura del triangulación.

$$\text{Sen } \theta = \frac{X}{FF'}$$

$$X = FF' \times \text{sen } \theta$$

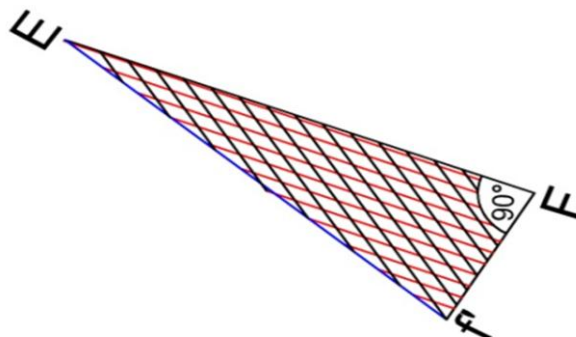
$$Ef = \text{base x del triangulo} = 29.50 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{2} \text{ base x altura}$$

$$A = 62.44 \text{ m}^2$$

$$62.44 = \frac{1}{2} \times 29.50 \times FF' \text{ sen } 76^\circ 34' 10''$$

$$62.44 = 14.346619 FF'$$

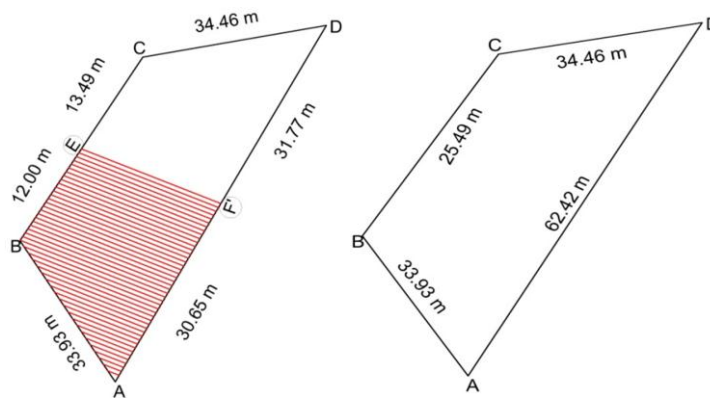


$$FF' = \frac{62.44}{14.346619} = 4.35 \text{ m}$$

$$AF' = 35.00 - 4.35 = 30.65$$

Entonces la línea AF' es la que divide el polígono en dos partes iguales pero para comprobar esto hay que comprobar esto hay que encontrar el rumbo, la medida, la longitud y la latitud de la línea EF'.

**Figura # 57 y figura # 58: Comprobación de la línea AF' del polígono**



Rumbo de la línea EF', aplicamos la formula  $\tan E = \frac{\epsilon L}{\epsilon l}$ ; Siendo E el ángulo formado por la línea EF' y el meridiano del cuadrante  $\epsilon L$ : la suma algebraica de las longitudes y  $\epsilon l$  suma algebraica de latitudes.

Para aplicar esta fórmula necesitamos conocer las longitudes y latitudes de la línea F'A.

### **Longitud**

Lado F'A: distancia = 30.65 m, Rumbo: S27° 43'W

PROYECCION:

$$F'A = 30.65 \times \sin 27^\circ 43' = 14.26$$

### **Latitud**

Lado F'A: distancia = 30.65 m, Rumbo: S27° 43'W

### **Proyección**

$$F'A = 30.65 \times \cos 27^{\circ}43' = 27.13$$

**Tabla 20: Calculo del rumbo de la línea EF' utilizando longitudes y latitudes de la F'A**

Lados	Longitudes		Latitudes	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Norte	(-)Sur
F'A		14.26		27.13
AB		18.86	28.20	
BE	6.55		10.06	
$\Sigma$	6.55	33.12	38.26	27.13

$$\epsilon L = -33.12 + 6.55 = -26.57$$

$$\epsilon l = 38.26 - 27.13 = 11.13$$

$$\tan E = \frac{26.57}{11.13} = 2.3872417$$

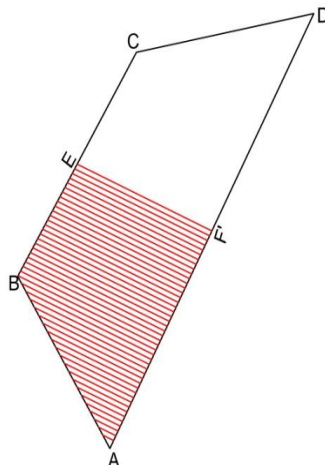
$$E = 67.271507^{\circ} = 67^{\circ}16'17''$$

$$\text{Rumbo} = S67^{\circ}16'17''E$$

Ya conociendo el Rumbo de la línea EF', aplicamos la fórmula  $e = \sqrt{\epsilon L^2 + \epsilon l^2}$  que es conocida como la fórmula de error de cierre para una poligonal.

$$e = \sqrt{26.57^2 + 11.13^2} = \sqrt{705.9649^2 + 123.8769^2} = \sqrt{829.8418} = 28.81 \text{ m}$$

**Figura # 59: Comprobación de la poligonal (ABEF')**



Ya conociendo la medida y el rumbo de la línea EF', se procede a calcular la longitud y la latitud de esta línea.

### **Longitud**

Lado EF': distancia = 28.81 m, Rumbo: S67° 16'17"E

PROYECCION:

$$EF' = 28.81 \times \sin 67^\circ 16'17'' = 26.57$$

### **Latitud**

Lado EF': distancia = 28.81 m, Rumbo: S67° 16'17"E

**Proyección:**

$$EF' = 28.81 \times \cos 67^\circ 16'17'' = 11.13$$

**Tabla 21: Cálculo de longitud y latitud de la línea EF'**

Lados	Longitudes		Latitudes	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Norte	(-)Sur
F'A		14.26		27.13
AB		18.86	28.20	
BE	6.55		10.06	
EF'	26.57			11.13
$\Sigma$	33.12	33.12	38.26	38.26

**Tabla 22: Cálculo de doble distancias meridianas del polígono ABEF'**

Lados	Longitudes		Dobles distancias meridianas
	(+)Este	(-)Oeste	
F'A		14.26	$39.67 + 26.57 - 14.26 = 51.98$
AB		18.86	$51.98 - 14.26 - 18.86 = 18.86$
BE	6.55		6.55
EF'	26.57		$6.55 + 6.55 + 26.57 = 39.67$

**Tabla 23: Cálculo de dobles áreas del polígono ABEF'**

Lados	Latitudes		Dobles distancias meridianas	Dobles áreas	
	(+)Norte	(-)Sur		+	-
F'A		27.13	54.98		27.13 x 51.98 = 1410.22
AB	28.20		18.86	18.86 x 28.20 = 531.85	
BE	10.06		6.55	6.55 x 10.06 = 65.89	
EF'		11.13	39.67		11.13x39.67 = 441.53
$\Sigma$	38.26			579.75	1851.75

$$2A = 1851.75 - 579.75 = 1254.01 \text{ M}^2$$

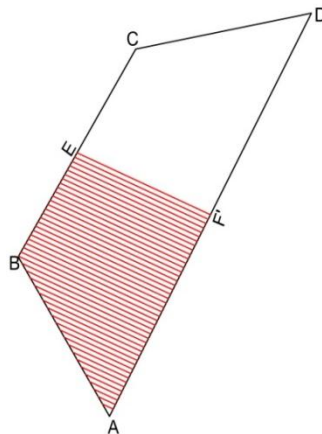
$$A = \frac{1254.01}{2} = 627.01 \text{ M}^2$$

Mitad del área a desmembrarse = 626.90

Área polígono ABEF' = 627. 01

$$\Delta A = 0.11 \text{ m}^2$$

**Figura 60: Comprobación de la poligonal ECDF'**



Longitudes y latitudes de los lados:

Lado EC: Distancia = 13.49 m, Rumbo: N33° 04'E

Lado CD: Distancia = 34.46 m, Rumbo: N80° 29'30"E

Lado DF': Distancia = 31.77 m, Rumbo: S27° 43'W

Lado F'E: Distancia = 21.81 m, Rumbo: N67° 16'17"W

### **Longitudes**

EC:  $13.49 \times \sin 33^\circ 04' = 7.36$

CD:  $34.46 \times \sin 80^\circ 29'30'' = 33.99$

DF':  $31.77 \times \sin 27^\circ 43' = 14.78$

F'E:  $28.81 \times \sin 67^\circ 16'17''' = 26.57$

### **Latitudes**

EC:  $13.49 \times \cos 33^\circ 04' = 11.13$

CD:  $34.46 \times \cos 80^\circ 29'30'' = 5.68$

DF':  $31.77 \times \cos 27^\circ 43' = 28.12$

F'E:  $28.81 \times \cos 67^\circ 16'17''' = 11.13$

**Tabla 24: Cálculo de comprobación de la poligonal ECDF'**

Lados	Longitudes		Latitudes	
	(+)Este	(-)Oeste	(+)Norte	(-)Sur
EC	7.36		11.31	27.13
CD	33.99		5.68	
DF'		14.78		
F'E		26.57		11.13
$\Sigma$	41.35	41.35	28.12	28.12

**Tabla 25: Cálculo de dobles distancias meridianas del polígono ECDF'**

Lados	Longitudes		Dobles distancias meridianas
	(+)Este	(-)Oeste	
EC	7.36		7.36

CD	33.99		$7.36 + 7.36 + 33.99 = 48.71$
DF'		14.78	$48.71 + 33.99 - 14.78 = 67.92$
F'E		26.57	$67.92 - 14.78 - 26.57 = 26.57$
$\Sigma$			

Tabla 26: Cálculo de dobles áreas del polígono ECDF'

Lados	Latitudes		Dobles distancias meridianas	Dobles áreas	
	(+)Norte	(-)Sur		+	-
EC	11.13		7.36	$11.13 \times 7.36 = 83.24$	
CD	5.68		48.71	$5.68 \times 48.71 = 276.67$	
DF		28.12	67.92		$28.12 \times 67.92 = 1909.91$
F'E	11.13		26.57	$11.13 \times 26.57 = 295.72$	
$\Sigma$				655.63	<sup>1</sup> 909.91

$$2A = 1909.91 - 655.63 = 1254.28 \text{ M}^2$$

$$A = \frac{1254.28}{2} = 627.14 \text{ M}^2$$

Mitad del área a desmembrarse = 626.90

**Área polígono ABEF'** = 627.14

$$\Delta A = 0.24 \text{ m}^2$$

Tabla 27: Cálculo de área de la poligonal ABCD

Dist	Rumbos	Longitudes		Latitudes		Dobles distancias meridianas	Dobles áreas	
		Este	Oeste	Norte	Sur		+	-
33.93	N33°46'45"W		18.86	28.20		18.86	531.85	
25.49	N33°04'E	13.90		21.36		13.90	296.90	



34.46	N80°29'30"E	33.99		5.69		61.79	351.59	
62.42	S27°43'W		29.03		55.07	66.75		3687.94
$\Sigma$		47.89	47.89	55.25	55.25		1180.34	3687.94

$$2A = 3687.94 - 1180.34 = 2507.60 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{2507.60}{2} = 1253.80 \text{ M}^2$$

$$\frac{A}{2} = 626.90 \text{ M}^2$$

**Tabla 28: Cálculo de área de poligonal ABEF'**

Dist	Rumbos	Longitudes		Latitudes		Dobles Distancias meridianas	Dobles áreas	
		Este	Oeste	Norte	Sur		+	-
30.65	N27°43'W		14.26		27.13	51.98		1410.22
33.93	N33°46'45"W		18.86	28.20		18.86	531.85	
12.00	N33°04'E	6.55		10.06		6.55	6.55	
28.81	S67°46'17"E	26.57			11.13	39.67		441.53
$\Sigma$		33.12		38.26	38.26		597.74	1851.75

$$2A = 1851.75 - 597.74 = 1254.01 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1254.01}{2} = 627.01 \text{ M}^2$$

$$\frac{A}{2} = 626.90 \text{ M}^2$$

$$\Delta A = 627.01 - 626.90 = 0.11 \text{ m}^2$$

**Tabla 29: Cálculo del área de la poligonal ECDF'**

Dist	Rumbos	Longitudes		Latitudes		Dobles distancias meridianas	Dobles áreas	
		Este	Oeste	Norte	Sur		+	-

13.29	N33°04'E	7.36		11.31		7.36	83.24	
34.46	N80°29'30"E	33.99		5.68		48.71	276.67	
31.77	S27°43'W		14.78		28.12	67.92		1909.91
28.81	N67°46'17"W		26.57	11.13		26.57	295.72	
$\Sigma$		41.35	41.35	28.12	28.12		655.63	1909.91

$$2A = 1909.91 - 655.63 = 1254.28 \text{m}^2$$

$$A = \frac{1254.28}{2} = 627.14 \text{M}^2$$

$$\frac{A}{2} = 626.90 \text{ M}^2$$

$$\Delta A = 627.14 - 626.90 = 0.24 \text{m}^2$$

#### 4.5.2 Dibujo de desmembración

Lo primero que debe de establecerse son los cuadros de coordenadas, la poligonal y de cada una de los lotes en que se dividió la poligonal total.

Cada uno de los planos debe de tener todos los datos tales como: planta de ubicación referenciada a un lugar conocido, escala, el área de la poligonal en metros y varas cuadradas, los rumbos de sus lados , la indicación del norte, las distancias de cada lado, los linderos, el nombre del dueño del terreno y de los vecinos, las mejoras, el nombre del que realizo el levantamiento topográfico, del que reviso, el que calculo , el que dibujo, la fecha y todo aquello que se considere necesario.

**Observación:** En el cuadro de coordenadas todos los datos son conocidos desde que se calculó el área, la única casilla que debe de procesarse es la de la coordenadas.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES**

Las prácticas de campo son fundamentales para la formación de los estudiantes de la carrera de topografía, en este manual se han propuesto ocho diferentes prácticas de campo con diferentes instrumentos usados en la rama de la topografía. Combinado las clases teóricas con las prácticas en el campo.

Se han elaborado prácticas con equipos actualizados como el GPS, la estación total ya que es tan necesario que los estudiantes tengan conocimiento de dichos instrumentos.

La guía de dibujo y el cálculo topográfico que en este manual se incluyó será de gran ayuda para los alumnos de la carrera ya se explicó paso a paso la forma de calcular rumbos, acimutes, coordenadas, etc.

## **CAPITULO VI. RECOMENDACIONES**

Es de gran importancia que el Departamento de la Construcción de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN- Managua cuente con manuales de prácticas de campo de cada una las topografías que se imparten durante la carrera de T/S en Topografía, ya que estos sirven como guía propia para cada estudiante y estas aclaran dudas que muchas veces quedan al finalizar la práctica.

Se debe de elaborar un manual que contenga la forma de descargar datos tomados en levantamientos con GPS o Estación Total, también datos calculados que se obtienen en una medición con teodolito. Así la importación de los datos a los programas usados para la elaboración de los planos topográficos tales como: Arc View GIS, AutoCad, Civil 3D Land desktop, entre otros.

## CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA

(18 de 03 de 2013). Recuperado el 05 de 11 de 2012, de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~esolano/Manual%20Practicas%20Topografia%20I.pdf>

**Aloy, G.** (07 de 2005). Recuperado el 17 de 11 de 2012, de [http://www.ecoatlas.org.ar/unidades/tutoriales/Teoria\\_taller\\_gps.pdf](http://www.ecoatlas.org.ar/unidades/tutoriales/Teoria_taller_gps.pdf)

**Banister, R. B.** (2002). *Tecnicas modernas de Topografia*.

**Brinker, R.** (1982). *Topografia Moderno*. Harla.

**Descripcion de teodolito.** (s.f.). Recuperado el 01 de 12 de 2012, de <http://iio.ens.uabc.mx/~topog/practicas/practica4.pdf>

**Duartes.C.** (1985). *Dibujo y calculo topografico*. Mangua.

**Geofumadas.** (12 de 2008). *levantamiento catastrales con estacion total*. Recuperado el 01 de 03 de 2013

**James R. Wirshing, R. H.** (1987). *Introduccion a la Topografia*. McGraw Hill.

**Manual de practicas de pentax .** (s.f.). Recuperado el 13 de 10 de 2012, de [http://webspersoais.usc.es/export/sites/default/persoais/joseantonio.pardinas/modulos/DOC\\_PR/Manual\\_PENTAX\\_R326.pdf...](http://webspersoais.usc.es/export/sites/default/persoais/joseantonio.pardinas/modulos/DOC_PR/Manual_PENTAX_R326.pdf...)

**Medicion con parcela con GPS.** (s.f.). Recuperado el 08 de 12 de 2012, de [http://www.agter.asso.fr/IMG/pdf/manual\\_gps\\_final\\_2da\\_b.pdf](http://www.agter.asso.fr/IMG/pdf/manual_gps_final_2da_b.pdf)

**Montes de Oca, M.** (1996). *Topografia*. Mexico: Alfaomegan grUpo imagen s.a.

**Rodriguez, D.** (12 de 2007). *Manual de practicas topografia I*. Recuperado el 20 de 08 de 2012, de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~esolano/Manual%20Practicas%20Topografia%20I.pdf>

**Rojas, I. P.** *Apuntes de diseño geometrico*.